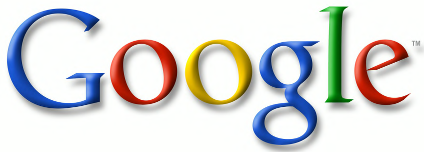
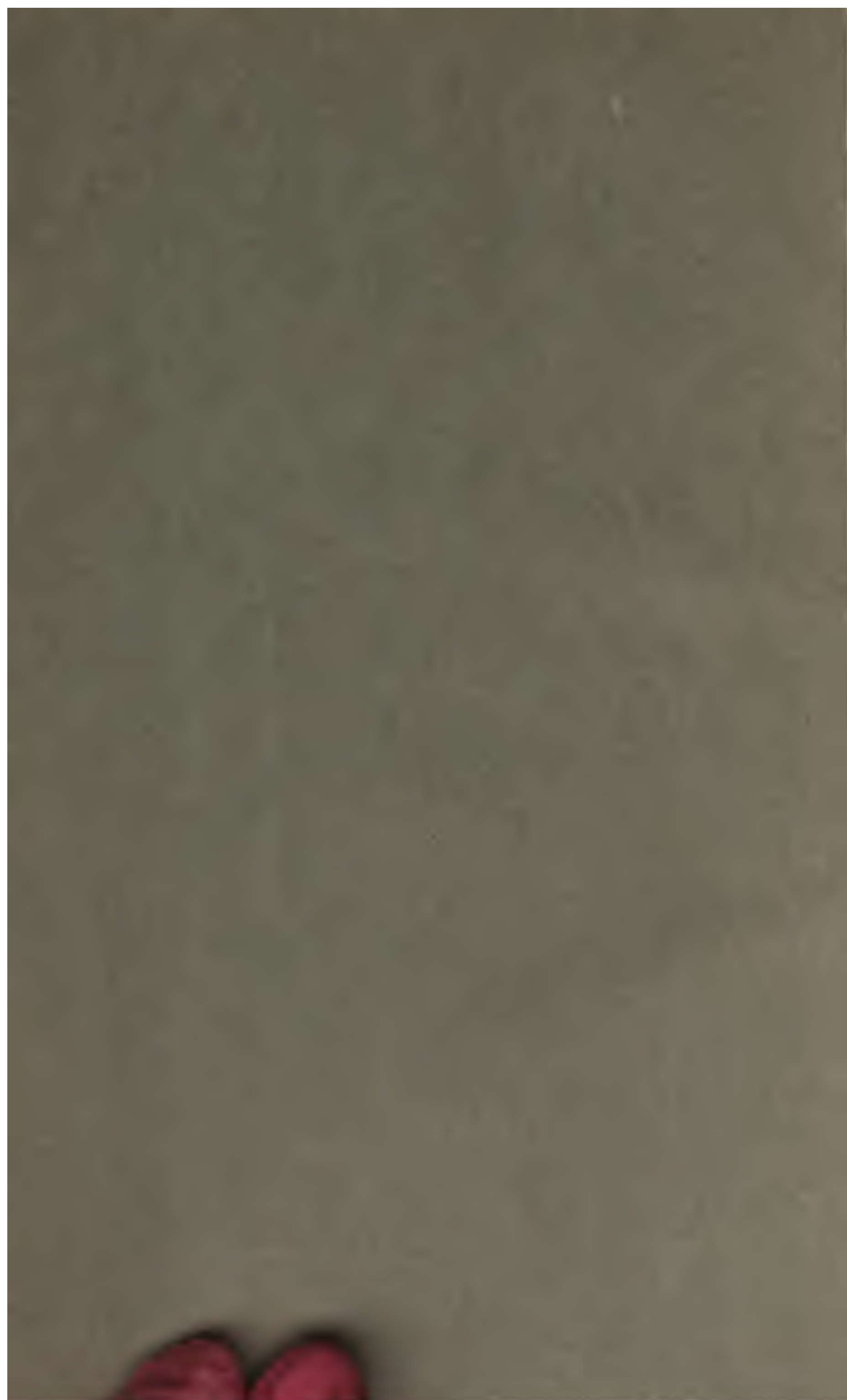




ANNALES

DES

TRAVAUX PUBLICS.

ANNALES

DES

TRAVAUX PUBLICS.

La Commission n'entend pas, par l'insertion des documents, assumer la responsabilité des théories qui y sont émises.
(*Extrait de l'article* 16 *du Règlement d'ordre et d'attributions de la Commission des* Annales des travaux publics.)

ANNALES

DES

TRAVAUX PUBLICS

DE BELGIQUE.

DOCUMENTS SCIENTIFIQUES, INDUSTRIELS OU ADMINISTRATIFS, CONCERNANT L'ART DES CONSTRUCTIONS, LES VOIES DE COMMUNICATION ET L'INDUSTRIE MINÉRALE.

TOME V.





BRUXELLES,
B. J. VANDOOREN, IMPRIMEUR DE LA STATISTIQUE GÉNÉRALE
ET DES ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS,
Rue de la Régence, 14.

1847.

ANNALES

DES

TRAVAUX PUBLICS.

CHEMINS DE FER.

RAPPORT

ADRESSÉ A M. LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS, SUR LE CHEMIN DE FER ATMOSPHÉRIQUE DE KINGSTOWN A DALKEY ; PAR MM. H. MAUS, INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES, ET ALF. BELPAIRE, SOUS-INGÉNIEUR MÉCANICIEN.

Monsieur le Ministre,

Nous avons eu l'honneur, à notre retour de Dublin, de vous rendre un compte verbal de la mission que, sur la proposition de M. l'inspecteur général des ponts et chaussées, vous avez bien voulu nous donner, en nous chargeant d'aller étudier le chemin de fer atmosphérique établi entre Kingstown et Dalkey. Nous satisfaisons aujourd'hui au vœu de votre arrêté, en vous adressant le rapport sur les résultats de notre examen de l'appareil de MM. Clegg et Samuda.

Un système de traction annoncé comme devant réduire considérablement les frais d'établissement et les dépenses d'exploitation des chemins de fer, ne pouvait être indifférent à la Belgique.

Pénétrés de l'importance d'une étude destinée à perfectionner un système de communication regardé, avec raison,

comme l'un des plus grands progrès de ces derniers temps, nous nous sommes appliqués à recueillir des données positives, destinées à devenir la base d'une opinion éclairée sur cette invention.

Dès notre arrivée en Angleterre, nous nous sommes procuré les divers ouvrages publiés sur le chemin atmosphérique, à la lecture desquels nous avons consacré nos soirées, en réservant les journées aux observations, dans l'espoir de terminer notre rapport assez tôt pour vous le remettre à notre retour; mais nous n'avons pas tardé à reconnaître que la théorie de la nouvelle invention n'était point encore complète, malgré les savants mémoires que nous avons consultés, et parmi lesquels nous devons citer les mémoires de MM. Barlow et Bergin. Les études que nous avons entreprises depuis pour résoudre le problème qui nous occupait, retardées par nos occupations de service et interrompues par le changement de résidence et de fonctions de l'un de nous, ont occasionné le retard qu'a subi l'envoi de notre travail.

Le nom de chemin atmosphérique a fait croire à beaucoup de personnes que, dans ce nouveau système de traction, l'atmosphère était le principe moteur et allait pousser les waggons, sur le chemin de fer, avec aussi peu de frais que les navires sur les mers.

Cette opinion, en quelque sorte justifiée par l'annonce d'une économie prodigieuse, n'est malheureusement pas exacte; car l'air ne joue, dans le nouveau système de traction, qu'un rôle secondaire, celui de transmettre aux voitures le mouvement des machines à vapeur, qu'il faut employer comme dans le système stationnaire en usage.

Au lieu d'enrouler un câble, il faut aspirer une colonne d'air : telle est, en résumé, la différence entre le système des machines fixes ordinaires et celui que proposent MM. Clegg et Samuda.

Les questions auxquelles donne lieu l'examen du nouveau système, peuvent se résumer de la manière suivante :

1° Les machines fixes munies de l'appareil de MM. Clegg et Samuda, sont-elles d'un emploi plus avantageux que les machines fixes à câbles?

2° Les avantages obtenus promettent-ils d'étendre plus qu'on ne l'a fait jusqu'aujourd'hui, l'usage des machines fixes, généralement réservées pour les chemins de fer très-inclinés ou de peu d'étendue et destinés à un mouvement commercial important?

Le travail que nous avons entrepris pour résoudre ces questions comprend:

1° La description du chemin de Kingstown à Dalkey;

2° La relation des expériences (*a*) sur la force de la machine; (*b*) la marche ascendante et décroissante du mercure dans le manomètre; (*c*) la charge et la vitesse des convois remorqués;

3° L'examen théorique du système atmosphérique, la recherche de l'influence qu'exerce l'espace intermédiaire entre la pompe pneumatique et le tube pneumatique;

4° L'analyse des résultats observés, entreprise dans le but d'obtenir les données nécessaires pour calculer les résultats que l'on pouvait espérer, dans des circonstances autres que celles du système existant;

5° Le tableau de l'effet utile de la machine de Dalkey, appliquée à des longueurs de 1 à 5^k; le *maximum* de charge et la vitesse correspondante à ces diverses longueurs;

6° Expériences sur l'une des machines de Liége; analyse des résultats, et calcul de ce qu'ils deviendraient avec des vitesses et des longueurs différentes;

7° Parallèle entre les résultats fournis par les deux systèmes;

8° Examen comparatif des frais d'établissement et d'exploitation par le système atmosphérique et par câbles;

9° Examen des chances d'accident;

10° Récapitulation des résultats, et conclusions en faveur des câbles, pour les applications que réclame la circulation actuelle sur les chemins de fer.

I. — DESCRIPTION DU CHEMIN DE KINGSTOWN A DALKEY.

Le chemin de Kingstown à Dalkey, construit, comme essai du système de MM. Clegg et Samuda, par la compagnie du chemin de Kingstown à Dublin, avec subside du gouvernement anglais, est établi le long de l'ancien Tram-road, qui servait et sert encore à conduire les blocs de granit exploités à Dalkey et employés à former les grandes jetées du port de Kingstown.

Ce chemin, qui forme le prolongement du chemin de Dublin à Kingstown, part de la station de cette dernière ville, située près du port, traverse en déblai le terre-plein des quais, se maintient en tranchée jusqu'au village de Dalkey, où il atteint le terrain naturel.

Péage non autorisé. — Les communications existantes sont conservées au moyen de onze ponts, dont le premier a une longueur de 90 mètres, mais doit être porté à 250 mètres pour satisfaire l'amirauté, qui veut maintenir l'accès du port dans le même état qu'avant l'établissement du chemin de fer. Le recouvrement du chemin sur une telle longueur, formé de fermes et de plateaux en fonte, exige une dépense que la compagnie espérait éviter, et la difficulté qui s'est élevée à ce sujet, a retardé l'autorisation nécessaire pour percevoir le péage fixé par l'acte de concession ; de sorte que la compagnie faisait, pendant notre séjour, circuler les voitures à titre d'essai, sans pouvoir opérer de rétribution de la part des personnes qui profitaient de ce service, déjà organisé d'une manière régulière.

Profil. — Ce chemin présente, à partir de Kingstown, le profil suivant : une pente d'environ 0^m004, qui produit le double résultat de favoriser au départ et de ralentir à l'arrivée le mouvement des convois ; à cette pente succède d'abord une rampe continue, d'une inclinaison variable entre 0^m004 et

0^m010, et environ 0^m007 en moyenne, puis une rampe finale, d'une inclinaison de 0^m017.

La première pente de 0^m004, depuis l'extrémité de la plate-forme qui borde le chemin dans la station, présente un développement de . . . . 265^m00

La première rampe de 0^m004 à 0^m010, a. . 2195 00

La deuxième, jusqu'à l'extrémité du hangar sous lequel s'arrêtent les voitures, a une longueur de. 330 00

de sorte que le chemin présente un développement total de . . . . $2,790^m00$

Tracé. — Le tracé du chemin, excepté quelques alignements dont le plus long a environ 600 mètres, se compose d'une suite de courbes dont les rayons varient et descendent jusqu'à 213^m, 177^m et même 174^m.

Ouvrages d'art. — Établis comme spécimen de chemin de fer économique, les ouvrages sont construits sur les moindres dimensions. C'est ainsi que la distance entre les pieds-droits des viaducs est de 3^m37, bien que les voitures aient une largeur de 2^m30. La voie n'étant point placée au milieu, il ne reste, d'un côté, que 0^m40 et, de l'autre, que 0^m67 de vide entre les voitures et les murs, ce qui nous paraît insuffisant, tant pour la sécurité des voyageurs, qui pourraient payer de leur tête un moment de curiosité, que pour le passage d'une quantité d'objets volumineux, dont le transport serait exclu des chemins de fer.

La hauteur sous les ponts, depuis la surface supérieure des rails jusque sous les fermes en bois ou en fonte, est de 2^m60.

Voie. — La voie a la largeur ordinaire de 1^m50, d'axe en en axe des rails.

Les rails sont les mêmes que ceux du chemin de Dublin et pèsent 23^k30 par mètre courant ; ils sont maintenus par des coussinets fixés, à l'aide de vis, sur des longrines longitudina-

les. Comme sur le chemin de Dublin, on introduit, entre les rails et la longrine, une pièce de bois comprimée qui procure au rail un support continu.

Dans les courbes, le rail extérieur est, comme d'ordinaire, plus élevé que le rail intérieur; cette surélévation va jusqu'à 0^m127 pour la courbe de 175 de rayon, et, dans le but de prévenir des déraillements, qui sont à craindre dans les courbes raides parcourues avec une grande vitesse, on a eu soin de garnir le rail intérieur d'un entre-rail, formé d'un rail ordinaire, établi à côté du premier, dont il est éloigné de 0^m054 et plus élevé de 0^m025.

Tube pneumatique. — Placé au milieu de la voie, le tuyau ou *tube pneumatique*, dans lequel le piston voyage sous l'action d'une différence de tension entre l'atmosphère et l'air qu'il contient, a une longueur de $2,182^m$, part d'un point situé à 95^m de l'origine du chemin indiqué ci-dessus, et se termine à 183^m, avant d'atteindre la rampe de 0^m017, que les voitures doivent franchir par la vitesse acquise; à 11^m en deçà de son extrémité, le tube reçoit l'embranchement d'un tuyau de même diamètre, et d'environ 428^m de long, qui le met en communication avec la pompe pneumatique.

Le tube pneumatique se compose de portions cylindriques ayant un diamètre de 0^m38, une épaisseur uniforme de 0^m015, et une longueur de 2^m87, y compris l'emboîtement qui se fait sur 0^m12 et réduit ainsi à 2^m75 la longueur utile de chaque pièce.

Coulé d'abord sans rainure, chaque tube a été ensuite placé sur la machine à raboter, pour pratiquer une entaille longitudinale de 0^m06 de largeur, destinée à livrer passage au bras de la tige du *piston-remorqueur*. Pour rendre au tube la force que lui enlève la rainure, il est garni extérieurement, et perpendiculairement à son axe, de 4 nervures, que l'on peut se représenter par 4 disques circulaires de 0^m016 d'épaisseur, 0^m60 de diamètre, séparés de 0^m875, de milieu en milieu, et pénétrés d'une manière excentrique par le tube, de façon à

présenter une saillie *minima* de 0^m03, et, *maxima*, de 0^m16.

Chaque portion de tube porte, en outre, 4 brides ou pattes, qui servent à la fixer sur les billes, lesquelles, comme nous l'avons dit, servent de support et de lien aux longrines sur lesquelles sont fixés les coussinets des rails; ces pattes, tangentes à la surface inférieure du tube, ont 0^m31 de longueur, 0^m13 de largeur et 0^m025 d'épaisseur, et font corps avec chacune des nervures qui viennent d'être indiquées.

Le tube est, en outre, muni de deux petites nervures parallèles et placées de chaque côté, et à 0^m03 de la rainure longitudinale; l'une sert à fixer au tube la partie du cuir du clapet qui fait charnière, l'autre forme une sorte de rigole destinée à recevoir la composition qui doit prévenir les rentrées d'air dans le tube.

Le tube n'a pas été alésé, mais enduit d'une couche de graisse appliquée à chaud.

Clapet. — Le clapet est formé de deux bandes de cuir superposées, ayant ensemble 0^m01 d'épaisseur; le cuir recouvre la rainure, qu'il déborde de 0^m01 d'un côté, et de 0^m03 de l'autre, pour être replié d'équerre et s'appliquer verticalement contre l'une des nervures longitudinales indiquées ci-dessus, puis est fortement serré par une lame de fer qui est soumise à l'action de deux systèmes de boulons à écrous, dont les uns la rapprochent de la nervure, tandis que les autres, munis d'œillets traversés par les premiers boulons, compriment le cuir contre le bord horizontal de la rainure. Chaque portion de tube porte sept boulons de chacun de ces systèmes.

Afin de donner au cuir la force nécessaire pour résister à la pression atmosphérique, en lui conservant la souplesse convenable pour ne pas découvrir la rainure en avant du piston-remorqueur, il est compris entre deux systèmes de plaques en tôle de fer, d'environ 0^m30 de longueur, laissant entre elles des espaces de 0^m003 à 0^m004, qui se correspondant au-dessus et au-dessous, permettent au clapet de pren-

dre une courbure suivant la longueur du tube. Ces plaques sont maintenues au moyen de rivets en cuivre, qui traversent les deux tôles et le cuir.

Les tôles inférieures pénètrent dans l'intérieur de la rainure, sont terminées par une surface cylindrique concentrique avec celle du tube, et remplacent exactement la portion du tube enlevée.

Les tôles superposées au cuir ont une largeur de 0m08, et débordent par conséquent la rainure de 0m01 de chaque côté. Le bord longitudinal des tôles, opposé à la charnière du clapet, est retourné en équerre, afin de compléter, avec la nervure longitudinale voisine, la rigole destinée à recevoir une composition d'huile et de cire propre à prévenir le passage de l'air.

Soupapes d'admission et de sortie. — Les extrémités du tube pneumatique sont garnies de soupapes, dont l'une, située au point de départ, et désignée par *soupape d'admission*, doit s'ouvrir pour introduire le piston; l'autre est la *soupape de sortie*, qui doit permettre au piston de sortir du tube.

La *soupape d'admission* devant s'ouvrir pour introduire le piston lorsque le vide est déjà fait dans le tube, il fallait trouver le moyen :

1° D'empêcher l'air de rentrer pendant que l'on introduisait le piston;

2° De contre-balancer la pression atmosphérique, afin de diminuer l'effort à exercer pour ouvrir la soupape.

MM. Clegg et Samuda ont atteint ce double but de la manière la plus heureuse : d'abord, en prolongeant le tube au delà de la soupape, de sorte que le piston ferme le tube avant d'atteindre la soupape, que l'on peut par conséquent ouvrir, sans introduire d'autre air que celui qui occupe la portion de tube comprise entre le piston et la soupape; ensuite, en employant une seconde soupape, fixée à l'arbre de la première, mais faisant avec elle un angle de 90°; cette seconde soupape se meut dans un espace fermé, que l'on peut

mettre à volonté en communication, soit avec l'atmosphère, soit avec l'air dilaté du tube; dans le premier cas, la pression atmosphérique agit sur l'une des faces de la soupape du tube, et sur les deux faces de la soupape additionnelle, fermée par la différence de tension qui existe entre l'air extérieur et l'air du tube; mais si l'espace derrière la soupape additionnelle communique avec l'air du tube, une de ses faces seulement sera pressée par l'atmosphère, l'autre le sera par l'air dilaté, de sorte qu'elle tendra à s'ouvrir avec un effort précisément égal à celui qui tend à fermer la soupape du tube : ces deux efforts se faisant équilibre permettent donc d'ouvrir la soupape sans difficulté.

La *soupape de sortie* est simplement un morceau de tôle, garni, à sa circonférence, d'une bande de cuir qui s'applique contre le bord du tube, et qui peut se mouvoir autour d'une charnière fixée à la partie inférieure de ce tube, de manière à en découvrir entièrement l'orifice, lorsqu'elle est rabattue sur le sol.

C'est pour prévenir le choc du piston-remorqueur contre cette soupape, qu'on a eu soin d'adapter le tuyau de communication à 11^m de l'extrémité du tube pneumatique. En effet, l'air compris entre la soupape et le piston, lorsque celui-ci a dépassé le tuyau de communication, ne trouvant pas d'issue, se comprime et acquiert bientôt une tension égale ou supérieure à celle de l'atmosphère, de sorte que la soupape s'ouvre avant le passage du piston remorqueur.

Tuyau de communication. — Le *tuyau de communication* s'étend à côté de la voie, sur la rampe que les voitures parcourent par l'impulsion acquise, et aboutit, dans la station de Dalkey, à la pompe pneumatique, établie dans le même bâtiment que la machine à vapeur dont elle reçoit le mouvement.

Dans le but de conserver le vide dans le tuyau de communication après le passage du piston remorqueur, on a établi, près de sa jonction avec le tube pneumatique, une soupape qui se ferme par une pédale sur laquelle appuie la roue de la

première voiture du convoi, c'est-à-dire, un peu avant que le piston ait dépassé l'orifice du tuyau.

Piston-remorqueur et voiture. — Le piston-remorqueur se compose de deux disques en fonte, d'un rayon plus petit que celui du tube d'environ 0^m01 ; cet intervalle est rempli par une garniture en cuir entourant chacun des deux disques, qui sont distants de 0^m63 et forment, en réalité, deux pistons distincts, mais rapprochés.

Le piston devant toujours être en avant du point où le clapet commence à découvrir la rainure, est fixé à l'extrémité d'une tige horizontale de 6^m de long, dont l'extrémité opposée porte un contre-poids, qui la maintient en équilibre autour d'un point placé à 2^m50 du piston, et auquel vient s'articuler la pièce de fer attachée à la première voiture; cette pièce en fer est aplatie, et pliée de manière à pénétrer facilement dans le tube, lorsque le clapet s'ouvre sous un angle de 45°. La tige du piston porte plusieurs galets qui soulèvent graduellement le clapet, de manière à lui faire prendre une inclinaison de 45° vis-à-vis de la pièce d'attache; les galets sont disposés de manière que leur plan soit, au point de contact, perpendiculaire au clapet, qui décrit une surface gauche sur la longueur comprise entre l'attache et l'endroit où il commence à être soulevé.

La pièce d'attache portée par la première voiture du convoi, spécialement affectée au service du piston et du clapet, est adaptée à l'aide de deux fortes charnières, qui permettent de lui faire décrire un arc de cercle d'une amplitude telle que le piston puisse être maintenu, hors du tube, dans une position convenable pour ne pas toucher les nervures de ce tube, lorsque le convoi doit descendre de Dalkey à Kingstown.

Pour refermer convenablement le clapet après le passage du piston, on a monté, sur le derrière de cette voiture, un appareil composé d'une roue qui presse sur le clapet, et d'un polissoir chaud, qui amolit la composition imperméable et la fait pénétrer dans le joint longitudinal du clapet.

Ce polissoir, composé d'un cylindre en tôle, chauffé à l'aide du charbon de bois incandescent qu'il contient, est garni inférieurement d'une nervure longitudinale, semblable à un fer de patin, qui appuie sur la composition placée dans la rainure dont nous avons parlé, et située entre le bord extérieur du clapet et l'un des rebords longitudinaux du tube.

Cette voiture porte, en outre, un manomètre communiquant, d'une part, avec l'atmosphère, et, de l'autre, avec l'intérieur du tube, à l'aide d'un petit tuyau en cuivre, qui s'étend le long de la tige du piston, qu'il traverse pour déboucher dans l'espace occupé par l'air dilaté.

Pompe pneumatique. — La pompe pneumatique est à double effet; le cylindre a 1^m70 de diamètre, et le piston une course de 1^m68; il s'approche du fond et du couvercle du cylindre, au point de ne laisser que 0^m003 de jeu aux extrémités de sa course. La tige du piston, guidée par un mouvement parallèle, s'articule sur une bielle, qui reçoit le mouvement d'une manivelle montée à l'extrémité d'un arbre moteur, qui, à son autre extrémité, porte une manivelle semblable et égale à la première; cette seconde manivelle reçoit le mouvement d'une bielle articulée sur la tige du piston du cylindre à vapeur. Les deux manivelles sont placées dans un même plan et symétriquement, de sorte que la bielle et le piston de la pompe pneumatique font contrepoids à la bielle et au piston de la machine à vapeur.

Les soupapes, ou clapets d'admission d'air dans la pompe pneumatique, sont équilibrées de manière à n'exiger qu'un assez petit effort pour être soulevées.

Le mouvement des soupapes ou clapets extérieurs de la pompe pneumatique, est régularisé par un petit appareil, composé d'un piston de 0^m15 de diamètre, jouant dans un petit cylindre, monté sur le couvercle de la pompe pneumatique; il est ouvert par sa base inférieure, et la base supérieure est munie d'une soupape s'ouvrant de dehors en

dedans, de sorte que le clapet de la pompe, en s'ouvrant, comprime l'air contenu dans le petit cylindre, et éprouve une résistance qui croît à mesure qu'elle s'ouvre, et s'arrête sans choc. Le clapet de la pompe, en se refermant, fait descendre le petit piston, qui dilate l'air derrière lui et fait rentrer dans le petit cylindre, par la soupape qui forme sa base supérieure, une nouvelle quantité d'air destinée à amortir de nouveau le choc que produirait, sans cet appareil, l'ouverture du clapet de la pompe pneumatique.

Pendant la marche ordinaire, le piston de la pompe pneumatique, pour ramener à la tension atmosphérique l'air dilaté que contient le tube pneumatique, rencontre une résistance qui dépend de la différence entre ces deux tensions; mais si, par suite d'accident, les clapets extérieurs restaient ouverts, loin d'éprouver une résistance, le piston recevrait de la pression atmosphérique une impulsion qui, ajoutée à celle de la machine motrice, pourrait produire de fâcheux résultats. On a donc eu recours à un petit appareil que le piston met en jeu lorsqu'il atteint les extrémités de sa course. Ce mécanisme consiste en un levier du premier genre, ayant deux bras très-inégaux; le premier se termine au-dessus d'un boulon alésé, qui traverse le couvercle du cylindre qu'il déborde intérieurement, afin d'être poussé verticalement lorsque le piston atteint l'extrémité de sa course; l'autre bras est prolongé au-dessus du clapet et vient le presser, lorsque le petit bras est soulevé par le boulon, cédant à l'action du piston.

Machine à vapeur motrice. — La machine à vapeur est à haute pression, détente et condensation; le cylindre a $0^{m}864$ de diamètre, et le piston la même course que le piston de la pompe pneumatique; la vapeur dans la chaudière a une tension absolue qui varie de 3 à 4 atmosphères.

Dans le but de régulariser le mouvement de la machine, malgré les grandes variations de résistance qu'elle éprouve et qui proviennent des différences de dilatation de l'air con-

tenu dans le tube pneumatique, on a donné au volant des dimensions considérables et employé un appareil dépendant du régulateur à force centrifuge, qui ferme la soupape d'admission, d'autant plus tôt que la machine marche plus vite; cet effet est produit de la manière suivante :

Une soupape d'admission de vapeur est supportée par une tige verticale, qui s'articule sur un levier horizontal fixé à un petit arbre horizontal, auquel s'adapte un second levier vertical, lequel porte une petite roue qui fait l'office de mentonnet et s'appuie sur une surface cylindrique à axe vertical, adaptée au collier du modérateur à force centrifuge; cette surface n'embrasse qu'une demi-circonférence et se termine inférieurement par une hélice et un petit arc de cercle;

Lorsque la petite roue ou mentonnet s'appuie contre la surface cylindrique, faisant l'office de came, elle soulève la tige verticale et maintient ouverte la soupape d'admission, qui retombe et se ferme aussitôt que la surface cylindrique, animée d'un mouvement de rotation, ne présente plus d'appui à la roue-mentonnet, ce qui arrive d'autant plus tôt que la force centrifuge, en écartant les sphères du modérateur, relève davantage la surface cylindrique, qui présente au mentonnet un parcours d'autant plus court, que le point de tangence est plus rapproché de sa limite inférieure.

Manœuvre. — Le tube pneumatique étant fermé, tant par le clapet que par les deux soupapes d'entrée et de sortie, et communiquant avec la pompe pneumatique, on met la machine en mouvement; l'air se dilate, et lorsque le manomètre placé à la station de départ indique une différence de tension convenable pour remorquer le convoi préparé, on fait avancer les voitures et pénétrer le piston dans le tube, on serre les freins, et l'on ouvre la soupape; au signale convenu, on lève les freins, et le convoi part. Favorisé par une pente initiale, il ne tarde pas à acquérir une vitesse qui est d'autant plus *grande* que la charge est plus *petite;* arrivé près de l'extrémité du tube, le piston-remorqueur ouvre, comme il a

TABLEAU (N° 1). — *Du travail de la machine de Dalkey.*

Dates des expériences.	Durée ou époques des observations.	HAUTEURS DU MANOMÈTRE A MERCURE DE LA MACHINE — observées en pouces.	rectifiées en pouces.	rectifiées en centimètres.	Moyenne.	Pression moyenne par centimètre carré.	Effet dynamique par révolution.	Nombre de révolutions par minute.	Effet dynamique par minute.	Tension absolue de la vapeur au moment de son admission dans le cylindre.
						Kil.	Kil.		Kil.	Kil.
11 JANVIER 1844.	Durée 1 minute.	18,00	17,339	0,441		2,10	44,719,00	14	370,066	2,09
	Id.	22,09	32,305	0,566	0,569					
		23,01	22,308	0,572						
	Id.	23,05	22,913	0,582		2,33	45,178,70	15	677,680	3,10
	Id.	9,00	8,216	0,209	0,289	2,11	40,912,90	22	900,084	3,69
		15,20	14,501	0,368						
	Id.	19,60	18,960	0,482	0,513			22		
		22,00	21,393	0,544						
	Id.	23,00	22,407	0,569	0,575			16		
		23,50	22,913	0,582						
	Id.	24,10	23,521	0,598	0,599	3,28	44,209,20	15	663,138	3,80
		24,20	23,622	0.600						
	Id	21,00	20,380	0,518	0,459	2,39	46,342,10	20	926,842	4,04
		22,00	21,393	0,544						
		17,50	16,832	0,428						
		25,10	24,535	0,624						
		8,00	7,203	0,183						
	Heures de départ.									
	2,55	7,75	6,950	0,177				22		
	2,56	7,30	6,495	0,165				25		
	2,57	9,50	8,723	0,222				23		
	2,58	15,75	15,059	0,383				19		
	2,59	18,75	18,099	0,460				17		
	3,00	20,50	19,873	0,505				17		
	3,01	20,00	19,366	0,492				16		
	3,02	18,70	18,048	0,459						
	3,03	20,00	19,366	0,492	0,455	2,28	44,209,20	19	839,975	4,01
	3,03 1/2	26,00	25,448	0,647			44,209,20	20	884,184	
	3,04	9,50	8,723	0.222						
	3,05	15,25	14,552	0.370				22		
	3,06	18,80	18,149	0.461				20		
	3,07	20,60	19,990	0,508				18		

OBSERVAT

La quantité de m
tenue dans la cuv
nomètre de la po
matique, n'étan
suite d'un acciden
convenait à l'éch
et fixée à côté du
métrique, les ind
cet instrument o
fiées d'après les de
suivantes :

1° à 0p, la dista
surface du mercur
sion 2p était 0m0
de 0m051;

2° Lorsque le m
quait 26p, la dis
la surface du merc
vision 2p était 0m
de 0m031.

Les indications
mètre doivent don
nuées de 0m025 à 0
qu'elles se rappr
ou de 25.

Appelant *A* les
observées, les indi
tifiées auront po
sions :

A — 0,025 + (0,025

A — 0.025 + 0,

ou, en mesure an

A — 0p,906 + 0

Les indications
mètre de Kingsto
dû, à la rigueur, êt
puisque ce mano
pas à syphon; mais
étant alternativen
ves et négatives
tites, ont pu être

Lorsque le man
teint promptemen
peut en conclure
voi est près de l'e
tube, vu que la
l'entrée du tuyau
nication est ferm

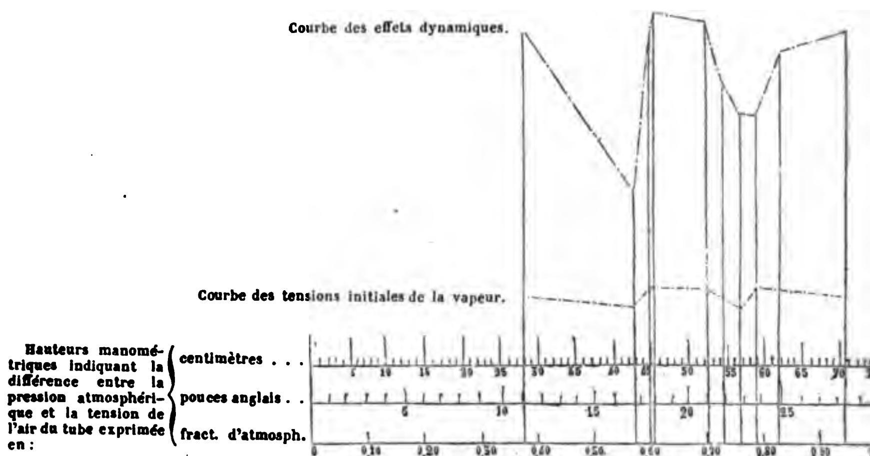
TABLEAU N° 1. — (Suite).

Durée ou époques des observations.	HAUTEURS DU MANOMÈTRE A MERCURE DE LA MACHINE — observées en pouces.	rectifiées en pouces.	rectifiées en centimètres.	Moyenne.	Pression moyenne par centimètre carré.	Effet dynamique par révolution.	Nombre de révolutions par minute.	Effet dynamique par minute.	Tension absolue de la vapeur au moment de son admission dans le cylindre.	OBSERVATIONS.
					Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	
3,08	22,00	21,393	0,544			44,209,20	17	751,556		
3,09	23,00	22,407	0,569			44,209,20	19	839,975		
3,10	23,90	23,319	0,592	0,572	2,28	44,209,20	20	884,184		
3,11	24,40	23,827	0,605			44,209,20	19	839,975		
3,12	24,80	24,232	0,616			44,209,20	20	884,184		
3,13	25,15	24,586	0,625				20			
3,14	25,40	24,840	0,629				19			
3,15	25,50	24,941	0,634				20			
3,16	25,50	24,941	0,634			43,239,70	19	821,554		
3,17	25,55	24,942	0,635			43,239,70	20	864,794		
3,18	25,60	25,042	0,637			43,239,70	20	864,794		
3,19	25,65	25,093	0,638			43,239,70	20	864,794		
3,20	25,70	25,144	0,639			43,239,70	20	864,794		
3,21	25,70	25,144	0,639	0,620	2,23	43,239,70	21	908,034	3,80	
3,22	25,75	25,195	0,641			43,239,70	20	864,794		
	25,00	24,434	0,621			43,239,70	19	821,554		
3,23	24,90	24,333	0,618			43,239,70	17	735,075		
3,24	23,75	23,166	0,588			43,239,70	15	648,595		
3,25	20,75	20,126	0,511							
3,26	17,75	17,085	0,434							
	23,00	22,407	0,569							
3,27	24,75	24,180	0,614							
	8,50	7,710	0,196							
	11,00	10,244	0,260							
	21,50	20,886	0,531	0,556	2,28	44,209,20	17	751,556	3,73	
	23,50	22,913	0,582							
	23,00	22,407	0,569	0,534	2,23	43,239,70	21	908,033	4,08	
	20,25	19,619	0,498							
	28,50	27,981	0,711		2,02	39,167,80	22	861,691	3,66	
	28,50	27,981	0,711		1,97	38,198,30	24	916,759	3,73	
								21,358,664		
					Moyenne	par minute.		821,487		
						par seconde.		13,690		

Il résulte de l'examen de ce tableau, que le travail de la machine équivaut, en moyenne, à environ 821,400 kilogrammes, élevés à 1m par minute : le *maximum* a été de 926,000k, et le *minimum* de 570,000k, ou 0m13 au-dessus et 0m30 au-dessous de ce travail ; que ce travail est indépendant du degré de dilatation de l'air, parce qu'en effet le piston prend une vitesse d'autant plus grande que la résistance est plus petite, de sorte que le produit de l'effort par la vitesse reste le même, aussi long-temps que la production de vapeur ne varie pas, mais qu'il augmente à mesure que la vapeur pénètre dans le cylindre sous une tension plus élevée, c'est-à-dire, qu'il est proportionnel à la quantité de vapeur produite.

Ces conséquences ressortent clairement du tracé graphique ci-après.

TABLEAU N° 2.—*Rapports entre le travail de la machine motrice, la tension de la vapeur au moment de son admission dans le cylindre, et les hauteurs du manomètre indiquant la pression exercée par l'atmosphère sur le piston-remorqueur.*



Des longueurs proportionnelles aux hauteurs manométriques ont été portées sur l'axe des abscisses, et, sur les ordonnées correspondantes, on a pris des longueurs proportionnelles, d'abord, aux tensions de la vapeur au moment de son admission dans le cylindre, puis aux effets dynamiques dépensés par minute, et l'on a relié par une ligne les extrémités de ces deux systèmes d'ordonnées. On reconnaît, au premier coup d'œil, qu'il n'existe aucune relation entre le degré de dilatation de l'air dans le tube pneumatique et les effets dynamiques obtenus, qui atteignent indifféremment le *maximum* avec des dilatations de 0^{AT}34, 0^{AT}60 et 0^{AT}80, tandis que la courbe des effets dynamiques suit les inflexions de la courbe des tensions initiales d'une manière trop régulière pour ne pas reconnaître que la première de ces courbes est subordonnée à la seconde.

Le travail moteur est donc, comme dans toutes les machines à vapeur, proportionnel à la quantité de vapeur produite, et nous pouvons, comme on le fait généralement, considérer cette production comme uniforme. Il suffira par conséquent, pour obtenir l'effet dynamique dépensé par la machine dans un temps déterminé, de multiplier la quantité 821,400 kilogrammètres, par le nombre de minutes observé, et, si l'on tient note du temps qu'emploie la machine pour faire monter le mercure aux diverses hauteurs manométriques, on pourra en déduire immédiatement l'effet dynamique dépensé correspondant. Ces données sont fournies par le tableau suivant, n° 3, d'après le relevé de nos observations.

TABLEAU N° 3. — *Temps que met la machine pour faire monter le mercure aux divers degrés de l'échelle manométrique, et effets dynamiques correspondants, d'après la moyenne des observations sur les manomètres de Kingstown à Dalkey.*

HAUTEUR DU MANOMÈTRE indiquant la différence entre la tension atmosphérique et la tension de l'air intérieur du tube :		TEMPS écoulé depuis l'origine du mouvement.	EFFET DYNAMIQUE		OBSERVATIONS.
en mesure anglaise.	en mesure métrique.		dépensé par la machine en 1''.	correspondant aux hauteurs manométriques de la 1re colonne.	
	Mètres.	Secondes.	Kilogrammèt.	Kilogrammèt.	
1	0,025	7	13,690	95,666	Chaque série d'observations relatives à une montée, a fourni une courbe dont le temps correspondait à la longueur de l'abscisse, et la hauteur manométrique était l'ordonnée; puis, prenant une courbe moyenne, on a obtenu les temps indiqués dans la 3e colonne.
2	0,051	14	id.	191,333	
3	0,076	22	id.	300,666	
4	0,102	29	id.	396,333	
5	0,127	37	id.	505,566	
6	0,152	43	id.	587,666	
7	0,178	50	id.	683,333	
8	0,203	57	id.	779,000	
9	0,229	66	id.	902,000	
10	0,254	78	id.	1,066,000	
11	0,279	90	id.	1,230,000	
12	0,305	103	id.	1,407,666	
13	0,330	115	id	1,571,666	
14	0,356	132	id.	1,804,000	
15	0,381	150	id.	2,050,000	
16	0,406	168	id.	2,296,000	
17	0,432	193	id.	2,637,666	
18	0,457	220	id.	3,006,666	
19	0,483	255	id.	3,485,000	
20	0,508	296	id.	4,045,333	
21	0,533	353	id.	4,824,333	
22	0,559	420	id.	5,740,000	
23	0,584	553	id	7,284,332	
24	0,610	»	»	»	
25	0,635	»	»	»	
26	0,660	»	»	»	

Il nous est maintenant facile d'apprécier le travail mécanique dépensé pour faire un voyage de Kingstown à Dalkey, puisqu'il suffit d'ajouter, à l'effet dynamique correspondant à la hauteur du manomètre au moment du départ, le produit de 13,690 kilogrammètres par le nombre de secondes écoulées pendant le trajet.

Effet dynamique réalisé ou effet utile. — L'effet dynamique utile est égal au produit de l'effort exercé sur le piston remorqueur par le chemin parcouru sous l'action de cet effort, ou la longueur du tube pneumatique.

Le manomètre placé sur la voiture indiquant à chaque instant la différence entre la tension atmosphérique et celle de l'air contenu dans le tube, et, par suite, l'effort exercé sur le piston-remorqueur, remplit l'office d'un dynamomètre très-sensible; on connaît d'ailleurs la longueur du tube, de sorte que le produit des deux facteurs connu, l'effort moyen et la longueur du tube, représentera l'effet utile obtenu.

Nous avons consigné dans le tableau suivant, n° 4, les résultats fournis par les voyages d'expérience auxquels nous avons assisté.

TABLEAU N° 4. — *Observations faites pendant la marche des convois, sur le c de fer de Kingstown à Dalkey.*

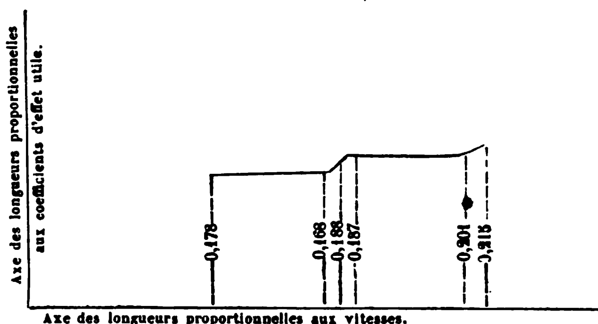
	HAUTEURS DU MANOMÈTRE observées de 15″ en 15″. — EXPÉRIENCES DU 8 JANVIER 1844.								HAUTEURS DU MANOMÈTRE observées de 1/4 en 1/4 de mille. — EXPÉRIENCES DU 16 JANVIER 1844.			
	N° 1.		N° 2.		N° 3.		N° 4		N° 5.		N° 6.	
	MESURE								MESURE			
	anglaise.	métrique.	anglaise.	métrique.	anglaise.	métrique.	anglaise.	métrique.	anglaise.	métrique.	anglaise.	métrique.
	22,9	0.582	22,8	0,579	22,3	0,567	22,5	0,571	19,4	0.495	22,2	0,564
	22,9	0,582	22,8	0.579	22,3	0,567	22,5	0,571	18,0	0.460	22,2	0,564
	22,9	0,582	22,8	0,579	22,3	0,567	22,25	0,565	16,0	0,406	22,5	0,571
	22,8	0,579	22,8	0,579	22,1	0,561	22,25	0,565	14,0	0,356	23,1	0,587
	22,7	0,576	22,7	0,576	21,9	0,555	22.25	0.565	12,0	0.305	24,2	0,615
	22,6	0,574	22.6	0.574	21.8	0.553	22.00	0.559	10,0	0.254	25,4	0,645
	22,4	0.569	22,5	0,571	21,5	0.545	21.75	0,552	9,0	0,229	25,7	0,652
	22,2	0,564	22,4	0,569	21.3	0.541	21,75	0.552	»	»	»	»
	22.1	0,561	22,3	0,567	21,2	0,538	21.25	0,538	»	»	»	»
	22,0	0,559	22,2	0.564	20.8	0,528	21.00	0,535	»	»	»	»
	21,9	0,556	22,2	0,564	20,7	0,525	20.75	0,527	»	»	»	»
	21,8	0,579	22.3	0.567	20.5	0,520	20,75	0,527	»	»	»	»
	22,0	0.559	22.2	0,564	20,4	0,518	20.25	0,515	»	»	»	»
	21,9	0,556	22.2	0,564	20,5	0.516	19.75	0.502	»	»	»	»
	22,0	0,559	22.2	0.564	20,5	0.516	19.50	0,495	»	»	»	»
	22,1	0.561	22,2	0.564	»	»	19,00	0.485	»	»	»	»
	22.3	0,566	22,3	0.564	»	»	19.00	0.483	»	»	»	»
	22.6	0,574	22.3	0.367	»	»	»	»	»	»	»	»
	23,0	0,584	22.5	0.567	»	»	»	»	»	»	»	»
	23,3	0,566	22.6	0,571	»	»	»	»	»	»	»	»
	»	»	22,8	0,579	»	»	»	»	»	»	»	»
Hauteur moyenne.	22,42	0,569	22,46	0,571	21,51	0,541	21,09	0,533	14,06	0,538	23,61	0,599
	Kil.		Kil.		Kil.		Kil.		Kil.		Kil.	
Effort correspondant exercé sur le piston-remorqueur.	886.50		889.62		842,88		833.53		557,76		933.24	
Longueur du tube pneumatique.	2.182		2.182		2.182		2.182		2.182		2.182	
Effet dynamique utile transmis au piston-remorqueur.	1,934.347		1,941,146		1.839.160		1.818.762		1.217.041		2.036,334	
Poids brut du convoi.	69,000		69 000		48.700		48,700		37,578		74,314	
Effet dynamique par tonneau transporté.	28.034		28.034		37.765		37.346		32.411		27,418	
Temps employé pr. parcourir tout le trajet.	4′45″		5′00″		3′30″		3′45″		4′37″		7′3″	
Temps employé pr. parcourir la longr du tube.	3′53″		4′5″		2′52″		3,4″		4′19″		6′35″	
Vitesse moyenne par seconde, pendant le parcours du tube.	9.36		8,90		12.69		11.85		8,42		5.32	

Pour les quatre premières expériences, on avait le temps écoulé pendant le trajet total, et l'on a déduit le temps relatif au parcours du tube en supposant une vitesse uniforme.

Les données fournies par les tableaux n° 3 et n° 4 nous permettent de calculer quelle partie du travail moteur pris pour unité, le travail réalisé représente en effet.

	DANS LES EXPÉRIENCES											
	DU 11 JANVIER 1844.								DU 16 JANVIER 1844.			
	1.		2.		3.		4.		5		6.	
	PIEDS	MÈT.	PIEDS	MÈT.	PIEDS	MÈT.	PIEDS	MÈT.	PIEDS	MÈT.	PIEDS	MÈT.
Le manomètre marquant au départ. . . .	22,9	0,582	22,8	0,579	22,3	0,567	22,5	0,571	19,4	0,493	22,2	0,564
Le temps pour parcourir la longueur du tube [pneu]matique a été de	3',53"		4',5"		2',52"		3',4"		4',19"		6',35"	
L'effet dynami[que] dépensé par la [ma]chine . . . . . — Pour obtenir la hauteur manométrique initiale est, d'après le tableau n° 3. . .	7,129,900		6,975,466		6,203,300		6,512,166		3,709,133		6,048,866	
— Pendant le parcours du tube.	3,189,770		3,354,050		2,334,680		2,518,960		3,545,710		5,407,550	
Total de l'effet dynamique dépensé.	10,319,670		10,329,516		8,537,980		9,031,126		7,254,843		11,456,416	
Id. réalisé porté au [ta]bleau n° 4.	1,934,347		1,941,146		1,839,160		1,818,702		1,217,041		2,036,334	
Effet utile exprimé par une fraction du tra[vai]l moteur pris pour unité.	0,187		0,188		0,215		0,201		0,168		0,178	
Vitesse pendant le parcours du tube.	9,36		8,90		12,69		11,85		8,42		5,52	

L'effet utile varie donc de 0^m18, qui correspond à la vitesse de 5^m50 par seconde, à 0^m215, relatif à la vitesse de 12^m70 : il semble donc croître avec la vitesse; mais nos expériences sont trop peu nombreuses pour en déduire la loi de cet accroissement. On peut en juger par le tracé suivant.



Un rapport aussi désavantageux engageait à se demander si l'air dilaté restituait bien tout l'effet dynamique employé à le raréfier.

Cette question, traitée dans un mémoire couronné en 1835 par l'Académie de Bruxelles, à l'occasion du projet d'élever les eaux des mines à l'aide de l'air dilaté, ayant reçu une solution négative que nos calculs ne permettaient pas d'admettre, il était intéressant de rechercher la cause de cette différence.

Considérons donc le problème d'une manière théorique et sans tenir compte des pertes de force résultant de l'emploi des machines et appareils, pertes dont nous chercherons ensuite l'évaluation.

Nous calculerons le travail de la pompe pneumatique, d'abord, pendant qu'elle dilate l'air du tube, et ensuite lorsqu'elle épuise l'air dilaté sous une tension que nous supposerons uniforme.

M. Bergin a donné, dans des notes à la suite de ses observations sur le rapport de MM. Smith et Barlow, la formule du travail dynamique pendant la seconde période ; nous allons établir l'équation du travail relatif à la première.

Appelons :

V le volume du tube pneumatique ;

v le volume engendré par le piston de la pompe pneumati-

que, pendant une course simple ou une demi-révolution du volant;

a l'effet dynamique équivalent à la production de 1^{m3} d'air sous la tension atmosphérique, ou 10.330 kilogrammes élevés à 1^{m};

n le nombre de coups de piston donnés par la machine pendant la 1re période;

L = logarithme hyperbolique.

Nous supposerons que la pompe pneumatique communique sans intermédiaire avec le tube pneumatique et ne présente pas d'espace nuisible.

A l'origine du mouvement, l'air du tube est à la tension atmosphérique, que nous représentons par l'unité; après le premier coup de piston, la tension de cet air deviendra $1\times\frac{v}{v+V}$; après le second, elle sera $1\times\left(\frac{v}{v+V}\right)^2$, et, d'une manière générale, $\left(\frac{v}{v+V}\right)^n$ après le n^e coup de piston.

L'effet dynamique correspondant à une course du piston sera :

pour la première,

$$aV-avL\left(\frac{1}{\frac{v}{v+V}}\right) \text{ ou } aV-avL\frac{v+V}{v};$$

pour la seconde,

$$aV\frac{v}{v+V}\left(1+L\frac{1}{\frac{v}{v+V}}\right)-av\left(\frac{v}{v+V}\right)L\frac{\frac{v}{v+V}}{\left(\frac{v}{v+V}\right)^2},$$

$$\text{ou } aV\frac{v}{v+V}-av\frac{v}{v+V}L\frac{v+V}{v}+av\frac{v}{v+V}L\frac{v+V}{v};$$

pour la troisiéme,

$$av\left(\frac{v}{v+V}\right)^2\left(1+L\frac{1}{\left(\frac{v}{v+V}\right)^2}\right)-av\left(\frac{v}{v+V}\right)^2 L\frac{\left(\frac{v}{v+V}\right)^2}{\left(\frac{v}{v+V}\right)^3},$$

$$\text{ou } av\left(\frac{v}{v+V}\right)^2-av\left(\frac{v}{v+V}\right)^2 L\frac{v+V}{v}+av\left(\frac{v}{v+V}\right)^2 L\left(\frac{v+V}{v}\right)^2;$$

pour la n^e,

$$\left(aV-avL\frac{v+V}{v}\right)\left(\frac{v}{v+V}\right)^{n-1}+av\left(\frac{v}{v+V}\right)^{n-1}(n-1)L\frac{v+V}{v}.$$

Faisant l'addition, nous aurons :

$$\left(aV-avL\frac{v+V}{v}\right)\left(\left(1+\frac{v}{v+V}\right)+\left(\frac{v}{v+V}\right)^2+\dots\left(\frac{v}{v+V}\right)^{n-1}\right)$$
$$+avL\frac{v+V}{v}\left(\frac{v}{v+V}+2\left(\frac{v}{v+V}\right)^2+3\left(\frac{v}{v+V}\right)^3+(n-1)\left(\frac{v}{v+V}\right)^{n-1}\right).$$

Sommant ces séries, il viendra, après toute réduction, pour l'effet dynamique de n coups de piston :

$$a(v+V)\left\{\left(1-\left(\frac{v}{v+V}\right)^n\right)-n\left(\frac{v}{v+V}\right)^n L\frac{v+V}{v}\right\}\dots\text{(A)},$$

formule qui donne l'expression cherchée du travail dynamique pour amener à la tension $\left(\frac{v}{v+V}\right)^n$, l'air contenu dans le tube.

Quand la tension de l'air dans le tube est constante, ce qui a lieu lorsque le piston-remorqueur engendre, par son mouvement progressif, un volume égal à celui que produit le piston de la pompe pneumatique, la quantité $-av\left(\frac{v}{v+V}\right)^{n-1}L\frac{v+V}{v}$, dans l'expression du travail du n^e coup de piston, doit être remplacée par $-av\left(\frac{v}{v+V}\right)^{n-1}$, qui fait dis-

paraître la quantité égale et de signe contraire, de sorte qu'il reste $av\,(n-1)\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^{n-1} L\,\frac{v+\text{v}}{v}$, pour l'expression de la n^e course du piston, et $avn\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^{n} L\,\frac{v+\text{v}}{v}$, pour l'expression de la course suivante, qui est la première donnée sous la tension uniforme obtenue par les n premières courses. L'expression $avn\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^{n} L\,\frac{v+\text{v}}{v}$ est équivalente à celle que donne M. Bergin, lorsque l'on n'a égard ni à l'espace nuisible ni à l'effort qu'exige la manœuvre des clapets.

Le nombre de coups de piston à donner par la machine pendant la seconde période, ou pour épuiser le volume v, est exprimé par $\frac{v}{\text{v}}$, et il est par conséquent le même, quel que soit le degré de dilatation de l'air, puisque la tension reste constante dans le tube et dans la pompe pneumatique, pendant toute la durée de l'épuisement.

Multipliant donc l'expression $avn\times\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^{n} L\,\frac{v+\text{v}}{v}$ du travail d'un coup de piston, sous la tension uniforme $\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^{n}$, par le nombre $\frac{v}{\text{v}}$, on obtient l'expression

$$avn\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^{n} L\,\frac{v+\text{v}}{v}\;.\;.\;.\;.\;.\;(\text{B}),$$

qui représente le travail mécanique nécessaire pour épuiser tout l'air du tube, amené à la tension $\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^{n}$.

Cherchons maintenant la valeur du travail réalisé : il équivaut, comme nous l'avons vu, au produit de l'effort exercé sur le piston par la longueur du tube, c'est-à-dire à $\left(1-\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^{n}\right)\times$ la section du tube $\times$ la longueur de ce tube,

ou

$$av\left(1-\frac{v}{v+\text{v}}\right)^{n}.\;.\;.\;.\;.\;(\text{C}).$$

Le travail dépensé, tant pour dilater que pour épuiser l'air du tube, sera donc exprimé par la somme des expressions A+B, et le travail réalisé, par C; l'effet utile, ou la partie de l'effet moteur réalisé, aura pour expression $\frac{C}{A+B}$, ou

$$\frac{av\left(1-\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^n\right)}{a(v+\text{v})\left\{\left(1-\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^n\right)-\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^n n\text{L}\frac{v+\text{v}}{v}\right)\right\}+avn\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^n\text{L}\,\frac{v+\text{v}}{v}},$$

$$\text{ou}\;\frac{v\left(1-\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^n\right)}{(v+\text{v})\left(1-\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^n\right)-\text{v}n\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^n\text{L}\,\frac{v+\text{v}}{v}}\;..(\text{D}).$$

Si, pour avoir la limite du rapport cherché, nous supposons que l'on obtienne un vide absolu, ce qui suppose n infini et $\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^n=0$, l'expression D, se réduisant à $\frac{v}{v+\text{v}}$, fait voir que l'effet dépensé ne dépasse l'effet réalisé que de la quantité v, qui représente l'effet dû au volume d'air dilaté que contient la pompe pneumatique; et, en effet, le piston remorqueur ne pourrait l'utiliser qu'en pénétrant dans la pompe: cette perte doit donc diminuer à mesure que l'on opère sur de l'air moins dilaté. Effectivement ce rapport qui, pour l'appareil de Dalkey, est

$$0{,}985,\ \text{lorsque}\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^n=0,$$

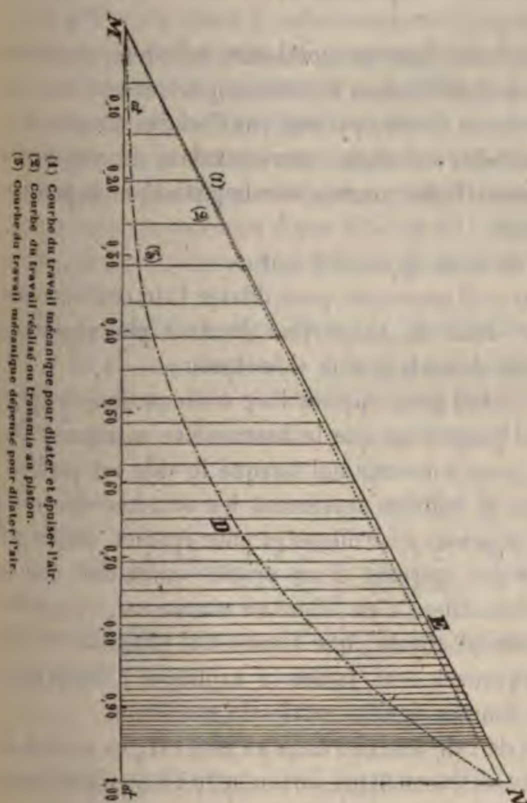
devient 0,992 lorsque $\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^n=0{,}25$, qui correspond à une colonne manométrique de 0,57 de mercure, ou 22 pouces $^1/_2$, qui a généralement été employée dans les expériences.

Le rapport de 0,992 diffère si peu de l'unité, que l'on peut considérer comme égaux les effets dépensés et restitués par

l'air dilaté, lorsque l'on fait abstraction de toute perte de force absorbée par les frottements et résistances diverses.

Dans le but de rendre sensibles les rapports qui existent entre les quantités A, B et C, nous avons eu recours à un tracé graphique qui forme le tableau n° 5. Sur l'axe des abscisses, nous avons porté, à partir du point *M*, des longueurs proportionnelles aux hauteurs manométriques exprimant la différence de tension entre l'air extérieur et l'air

TABLEAU N° 5.



intérieur du tube pneumatique ; sur chacune des ordonnées, nous avons porté, à la suite l'une de l'autre, deux longueurs proportionnelles, l'une au travail pour dilater l'air au degré déterminé que représente la longueur de l'abscisse, l'autre au travail qu'exige l'épuisement de l'air dilaté contenu dans le tube.

Unissant par une ligne continue les extrémités supérieures de ces deux séries d'ordonnées, nous obtenons deux courbes *M D N* et *M E N*, qui donnent la relation entre les divers degrés de dilatation de l'air du tube et les effets dynamiques dépensés pendant les périodes de dilatation et d'épuisement.

Enfin l'effet utile étant proportionnel à l'effort exercé sur le piston, ou aux différences de tension portées sur l'axe des abscisses, sera une droite, passant par l'origine au point *M* et par l'extrémité de l'ordonnée, correspondant au vide absolu qui représentera l'effort exercé sur le piston par la pression atmosphérique.

L'examen de cette épure fait voir :

1° Que le travail nécessaire pour dilater l'air contenu dans le tube, croît dans une proportion d'autant plus rapide que l'on s'approche davantage d'un vide absolu ;

2° Que le travail pour épuiser l'air contenu dans le tube, croît d'abord jusqu'à ce que le manomètre marque $0^{m}46$, puis décroît jusqu'à devenir nul lorsque le vide est parfait ;

3° Qu'enfin la courbe exprimant les sommes des effets dynamiques dépensés pour dilater et pour épuiser, diffère peu d'une droite qui, partant d'une origine commune avec la droite des effets utiles, n'en diffère au *maximum*, c'est-à-dire lorsque le vide est absolu, que d'une faible quantité.

Ces conséquences sont faciles à expliquer, lorsqu'on se reporte aux données fondamentales du problème.

La tension de l'air contenu dans un vase est, en vertu de la loi de Mariotte, exactement proportionnelle à la *quantité absolue ou au poids* d'air qu'il contient, de sorte que le manomètre, en

faisant connaître la tension de l'air contenu dans un vase d'un volume déterminé, en indique le poids aussi exactement que pourrait le faire une balance à ressort ou une romaine ; et les poids d'air introduits ou retranchés du vase, seront exactement mesurés par l'augmentation ou la diminution de la colonne manométrique, quel que soit le degré de dilatation de l'air au moment où cette addition ou soustraction a lieu.

Les manomètres de Kingstown et de Dalkey n'indiquent que la différence entre la tension atmosphérique et celle de l'air du tube; mais il est facile d'en déduire la hauteur manométrique qui correspond à la tension absolue de l'air intérieur, par la différence entre la colonne barométrique et la hauteur manométrique observée. Une augmentation dans la colonne des manomètres de Kingstown et de Dalkey, équivaut donc à une égale diminution dans la colonne du manomètre qui représenterait la densité absolue de l'air du tube.

La courbe *M D N* montre que le travail nécessaire pour faire monter le mercure d'une division de l'échelle manométrique, croît rapidement, à mesure que l'air du tube est plus dilaté.

Pour se rendre compte de ce fait, il suffit de comparer la valeur de *B*, représentant le travail d'un certain nombre de coups de piston, à la quantité ou poids de l'air extrait qui est, comme nous l'avons dit, proportionnel à l'ascension du mercure.

n coups de piston représentent un effet dynamique égal à

$$a(v+\mathrm{v})\left\{\left(1-\left(\frac{v}{v+\mathrm{v}}\right)^{n}\right)-n\left(\frac{\mathrm{v}}{v+\mathrm{v}}\right)^{n}\mathrm{L}\frac{v+\mathrm{v}}{v}\right\}.$$

La quantité d'air extraite à l'aide de ces coups de piston, a pour expression :

$$\mathrm{v}\left(1+\frac{v}{v+\mathrm{v}}+\left(\frac{v}{v+\mathrm{v}}\right)^{2}+\cdots\left(\frac{v}{v+\mathrm{v}}\right)^{n-1}\right)=\mathrm{v}\,\frac{\left(\left(\frac{\mathrm{v}}{v+\mathrm{v}}\right)^{n}-1\right)}{\frac{v}{\mathrm{v}+v}-1}.$$

Divisant la première quantité par la seconde, nous obtiendrons la valeur du travail relatif à la quantité ou poids d'air extrait, valeur qui prend la forme suivante :

$$a\left(1-\frac{\left(\frac{v}{v+\mathrm{v}}\right)^n}{1-\left(\frac{v}{v-\mathrm{v}}\right)^n}\times n\,\mathrm{L}\frac{v+\mathrm{v}}{v}\right).$$

Cette expression fait voir que le travail mécanique pour extraire du tube un poids déterminé d'air, croît à mesure que le nombre n de coups de piston est plus grand, ou que l'air est porté à un plus haut degré de dilatation.

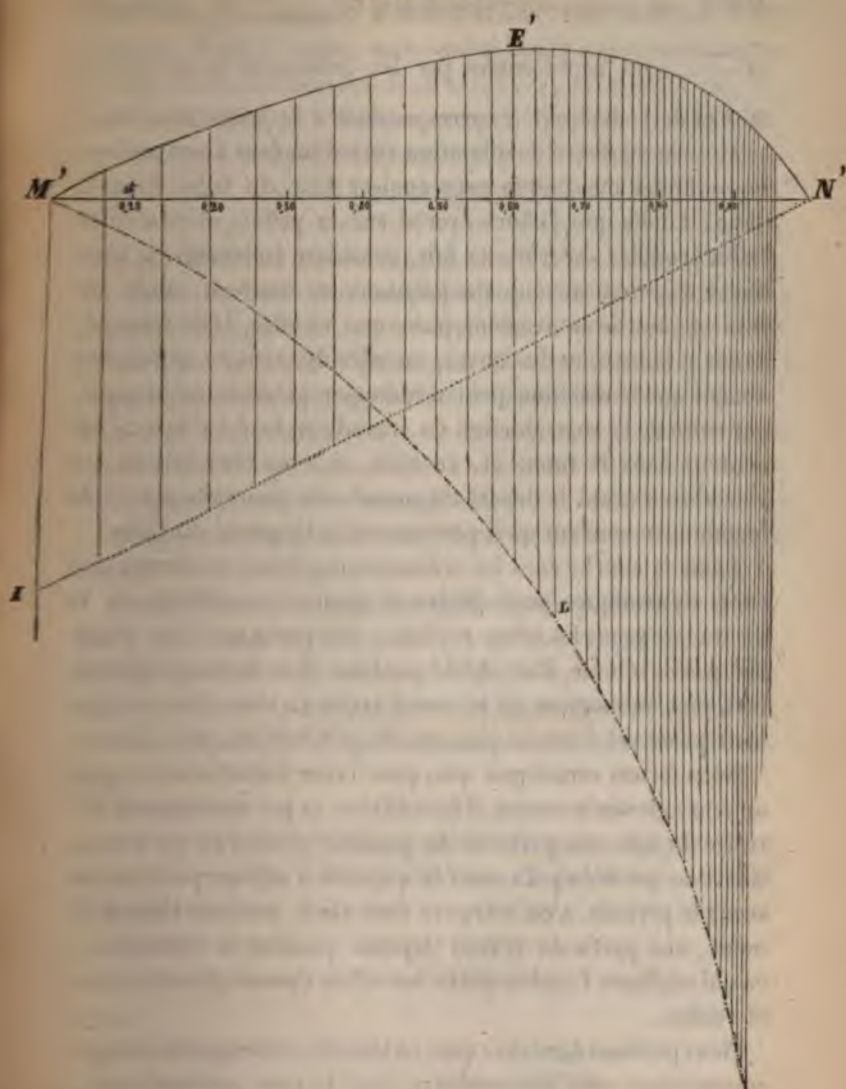
Quant au travail dépensé pendant la période de l'épuisement, il peut paraître fort extraordinaire, au premier aperçu, que cet effet dynamique, après s'être accru avec la dilatation de l'air intérieur, devienne stationnaire, puis diminue, quoique le degré de dilatation continue à s'approcher du vide absolu.

Cette loi s'explique cependant fort bien, lorsqu'on fait attention que l'expression B, $av\left(\frac{v}{v+\mathrm{v}}\right)^n\times n\,\mathrm{L}\frac{v+\mathrm{v}}{v}$, se compose de deux facteurs variables, dont l'un, $\left(\frac{v}{v+\mathrm{v}}\right)^n$, représentant la densité, est à son *maximum* à l'origine de la courbe *MDN*, et décroît proportionnellement à l'ascension de la colonne manométrique, tandis que le second facteur, $n\mathrm{L}\left(\frac{v+\mathrm{v}}{v}\right)$, qui exprime le travail de la détente de l'air, est à son *minimum* à l'origine de la même courbe, et augmente à mesure que le degré de dilatation dans le tube est plus voisin d'un vide absolu.

Le produit de ces deux facteurs, qui croissent en sens inverse, aura donc un *maximum*.

Afin de faire mieux ressortir la loi que suit le travail de la pompe pneumatique sous diverses tensions, nous avons, sur

TABLEAU N° 6.



l'axe des abscisses et aux distances convenables (voir n° 6), porté les valeurs de l'expression B, et elles ont fourni la courbe

M'E'N'; les valeurs correspondantes de $\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^n$ et celles de $n\text{L}\frac{v+\text{v}}{v}$, sont représentées par les ordonnées de la courbe *M' L* et de la droite *N' I* correspondant à la même abscisse.

Au delà du degré de dilatation correspondant à son *maximum*, l'effet mécanique pour épuiser l'air du tube décroît donc, tandis que l'effort exercé sur le piston, et par suite l'effet produit, s'accroît. Ce fait, considéré isolément, a sans doute gagné beaucoup de partisans au nouveau mode de transmission de mouvement, parce que, en effet, il fait espérer, pendant la marche du convoi, un effet dynamique supérieur à celui que la machine peut développer pendant ce temps, par suite de la reproduction du travail employé à dilater l'air contenu dans le tube; et, en effet, si la machine faisait un vide absolu avant le départ du convoi, elle pourrait cesser de fonctionner pendant qu'il parcourrait la longueur du tube.

Enfin la courbe dont les ordonnées expriment la somme des effets dynamiques pour dilater et épuiser, ne diffère de la droite indiquant les effets réalisés, que parce que l'on n'utilise pas le volume d'air dilaté contenu dans la pompe pneumatique, au moment où le convoi arrive au terme du voyage: cette perte est d'autant plus grande que l'air est plus dilaté.

Nous ferons remarquer que, pour créer l'effort avec lequel on veut agir sur le convoi, il faut dilater, et par conséquent extraire du tube une partie de la quantité totale d'air qu'il contient, ce qui réduit d'autant la quantité à enlever pendant la seconde période. L'on retrouve donc ainsi, pendant l'épuisement, une partie du travail dépensé pendant la dilatation, ce qui explique l'égalité entre les effets dynamiques dépensé et réalisé.

Nous pouvons donc dire que, en théorie, et lorsque la pompe communique sans intermédiaire avec le tube pneumatique, l'air dilaté restitue tout le travail dépensé à le raréfier, sans autre perte que celle de la dernière cylindrée d'air de la pompe.

Mais s'il existe un espace intermédiaire entre la pompe et le tube pneumatique, il faudra dilater, non seulement l'air contenu dans ce tube, mais encore celui que contient le tuyau de communication : il en résultera un surcroît de travail de dilation, qui n'augmentera pas l'effet utile, lequel reste égal au produit av par la différence entre les tensions extérieure et intérieure, que nous supposons la même dans les deux cas; et lors même que l'on mettrait l'espace intermédiaire contenant de l'air dilaté, en communication avec l'air du tube contenant de l'air à la tension atmosphérique, la dilatation obtenue dans le tube pneumatique, à l'aide de ce mélange, ne restituerait pas le travail dépensé pour dilater l'air de l'espace intermédiairé, parce que le travail de dilatation n'ayant pas eu lieu sous la même différence de tension, est, d'après ce que nous avons vu, plus grand que n'aurait été le travail nécessaire pour amener l'air atmosphérique à la tension moyenne.

Cherchons l'expression analytique de l'effet utile, lorsqu'il existe un espace intermédiaire.

L'expression A s'appliquant à un volume quelconque, il suffira, pour avoir la valeur du travail mécanique dans cette hypothèse, de remplacer v par w, qui désignera la somme des volumes du tube pneumatique et du tuyau de communication.

La tension de l'air, après un nombre x de coups de piston, sera $\left(\frac{w}{w+\mathrm{V}}\right)^{x}$.

Pour atteindre le même degré de dilatation obtenu par n coups, lorsqu'il n'existe pas d'espace intermédiaire, on aura l'égalité

$$\left(\frac{w}{w+v}\right)^{x}=\left(\frac{v}{v+\mathrm{V}}\right)^{n};$$

d'où

$$x=n\times\frac{\mathrm{L}\frac{v}{v+\mathrm{V}}}{\mathrm{L}\frac{w}{w+\mathrm{V}}},\text{et } n=x\times\frac{\mathrm{L}\frac{w}{w+\mathrm{V}}}{\mathrm{L}\frac{v}{v+\mathrm{V}}}.$$

L'expression A deviendra donc :

$$a(w+\text{v})\left\{\left(1-\left(\frac{w}{w+\text{v}}\right)^{\text{x}}\right)-x\left(\frac{w}{w+\text{x}}\right)^{\text{x}}\text{L}\frac{w+\text{v}}{w}\right\}\ldots\ (\text{A}').$$

L'expression B du travail qu'exige l'épuisement du volume v, ne changera pas, puisque l'on n'aspire pas l'air de l'espace intermédiaire; nous aurons donc, en substituant à n et $\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^{\text{n}}$, leur valeur en x,

$$av\left(\frac{w}{w+\text{v}}\right)^{\text{x}}x\frac{\text{L}\frac{w}{w+\text{v}}}{\text{L}\frac{v}{v+\text{v}}}+\text{L}\frac{v+\text{v}}{v}=avx\left(\frac{w}{w+\text{v}}\right)^{\text{x}}\text{L}\frac{w+\text{x}}{w}\ldots(\text{B}').$$

Le travail utile, qui ne changera pas, sera exprimé par

$$av\left(1-\left(\frac{v}{v+\text{v}}\right)^{\text{n}}\right),\text{ou } av\left(1-\left(\frac{w}{w+\text{v}}\right)^{\text{x}}\right)\ldots\ (\text{C}').$$

L'effet utile, ou le rapport $\frac{\text{A}'}{\text{B}'+\text{C}'}$, est donc exprimé par

$$\frac{av\left(1-\left(\frac{w}{w+\text{v}}\right)^{\text{x}}\right)}{a(w+\text{v})\left(1-\left\{\left(\frac{w}{w+\text{v}}\right)^{\text{x}}\right)-x\left(\frac{w}{w+\text{v}}\right)^{\text{x}}\text{L}\frac{w+\text{v}}{w}\right)\right\}+av\left(\frac{w}{w+\text{v}}\right)^{\text{x}}x\text{L}\frac{w+\text{v}}{w}}\ (\text{D}')$$

ou

$$\frac{v\left(1-\left(\frac{w}{w+\text{v}}\right)^{\text{x}}\right)}{(w+\text{v})\left(1-\left(\frac{w}{w+\text{v}}\right)^{\text{x}}\right)-x\left(\frac{w}{w+\text{v}}\right)^{\text{x}}\text{L}\frac{w+\text{v}}{w}(w+\text{v}-v)}.$$

La limite de ce rapport ne sera plus la même que dans le cas précédent; mais il deviendra

$$\frac{v}{w+\text{v}}.$$

Pour l'appareil de Dalkey, la valeur de cette expression de-

viendrait $\dfrac{250^{m^3}077}{299^{m^3}130+3^{m^3}822}=0{,}8255;$

lorsque $\left(\dfrac{w}{w+\mathrm{v}}\right)^x=0$, et ..... 0,8979.

id. — id. $=0{,}25$.

On peut donc déjà apprécier l'influence nuisible qu'exerce l'emploi d'un intermédiaire entre la pompe et le tube pneumatique, lors même qu'il ne produirait aucune rentrée d'air.

Il nous reste à tenir compte de la restitution d'effet que l'on obtient, lorsque, deux convois se suivant immédiatement, on opère le mélange de l'air dilaté contenu dans l'espace intermédiaire, avec l'air à la tension atmosphérique qui remplit le tube et que l'on doit dilater.

Supposons donc que le tuyau de communication, dont le volume $=w-v$, contienne de l'air dilaté à la tension t, et qu'il soit mis en communication avec le tube pneumatique v contenant de l'air à la tension 1, ou de l'atmosphère ; la tension uniforme, lorsque les deux vases seront mis en communication, aura pour expression

$$\frac{(w-v)t+v}{w},$$

ou

$$t\left(1-\frac{v}{w}\right)+\frac{v}{w},$$

tension que nous désignons par t'.

Pour savoir si la restitution d'effet dynamique est complète, il suffit de comparer le travail dépensé pour amener l'air contenu dans l'espace intermédiaire à la tension t, avec celui qu'exige un nombre z de coups de piston de la pompe pour obtenir la tension t', dans le tube et le tuyau réunis. Le premier de ces effets a pour expression :

$$a(w-v+\mathrm{v})\left\{1-\left(\frac{w-v}{w-v+\mathrm{v}}\right)^x-x\left(\frac{w-v}{w-v+\mathrm{v}}\right)^x \mathrm{L}\left(\frac{w-v+\mathrm{v}}{w-v}\right)=\right.$$

$$=a(w-v+\mathrm{V})\left\{1-t-t\,\mathrm{L}\frac{1}{t}\right\};$$

le second,

$$a(w+v)\left\{1-\left(\frac{w}{w+\mathrm{V}}\right)^{z}-z\left(\frac{w}{w+\mathrm{V}}\right)^{z}\mathrm{L}\frac{w+\mathrm{V}}{w}\right\}$$

$$=a(w+\mathrm{V})\left\{1-t'-t'\,\mathrm{L}\frac{1}{t'}\right\}.$$

Divisant la seconde expression, ou le travail restitué, par la première, représentant le travail dépensé, le rapport, ou l'effet utile du travail dépensé pris pour unité, sera exprimé par

$$\left(\frac{w+\mathrm{V}}{w-v+\mathrm{V}}\right)\times\left(\frac{1-t'\left(1+\mathrm{L}\frac{1}{t'}\right)}{1-t\left(1+\mathrm{L}\frac{1}{t}\right)}\right)=$$

$$\left(\frac{w+\mathrm{V}}{w-v+\mathrm{V}}\right)\times\left(\frac{1-\left(\frac{(w-v)t+v}{w}\right)\left(1+\mathrm{L}\frac{w}{(w-v)t+v}\right)}{1-\quad t\quad\times\left(1+\mathrm{L}\frac{1}{t}\right)}\right).$$

Introduisant les données de l'appareil de Dalkey, nous aurons les rapports :

0,15 lorsque $t=0^{\mathrm{AT}}50$
0,11 lorsque $t=0\ \ 25$
0,09 lorsque $t=0\ \ 00$.

L'effet utile est donc très petit, et diminue à mesure que l'on porte la dilatation de l'air intérieur à un plus haut degré.

Cette conséquence est conforme à celle que M. Devaux a déduite du travail qu'il a présenté à l'académie, parce que, en effet, le cas que nous venons de discuter est le même que celui qui a été examiné dans le mémoire sur l'épuisement des eaux des mines ; car, dans ce système, la pompe pneumatique dilatait l'air dans une grande conduite principale, des-

tinée à recevoir l'air à la tension atmosphérique que l'eau devait remplacer.

La perte d'effet que nous avons trouvée n'étant pas inhérente à l'emploi de l'air dilaté, mais à une circonstance particulière, doit être rangée parmi les pertes dues à l'emploi des appareils et agents mécaniques.

On peut encore se demander si l'on pourrait retirer du volume d'air dilaté contenu dans le tube, l'effet dynamique dépensé à le dilater, lors même que l'on supprimerait l'épuisement. L'effet utile obtenu se composerait, dans ce cas, d'un espace parcouru sous l'action d'un effort variable, et résultant de la différence de pression exercée sur les deux faces du piston remorqueur, d'une part, par l'atmosphère, de l'autre, par l'air contenu dans le tube dont la tension est en raison inverse du volume qu'il occupe. L'équilibre entre les deux pressions exercées sur le piston, s'établit, et l'effort devient zéro, lorsque la tension de l'air intérieur est ramenée à la tension atmosphérique, ce qui a eu lieu lorsque le piston remorqueur est arrivé à un point tel qu'il ne lui reste plus à parcourir qu'une partie de la longueur du tube exprimée par la fraction $\left(\frac{v}{v+\mathrm{V}}\right)^n$, et, s'il existait un espace intermédiaire, cette portion du tube à parcourir devrait être diminuée d'une longueur correspondante au volume de cet espace intermédiaire.

L'effet utile est donc exprimé par

$$av\left\{1\left(\frac{v}{v+\mathrm{V}}\right)^n-\left(\frac{v}{v+\mathrm{V}}\right)^n n\,\mathrm{L}\frac{v+\mathrm{V}}{v}\right\}.$$

L'équation $\mathcal{A}$ donne l'effet dynamique dépensé ; le rapport cherché a donc pour expression

$$\frac{av\left\{1-\left(\frac{v}{v+\mathrm{V}}\right)^n-\left(\frac{v}{v+\mathrm{V}}\right)^n n\,\mathrm{L}\frac{v+\mathrm{V}}{v}\right\}}{a(v+\mathrm{V})\left\{1-\left(\frac{r}{v+\mathrm{V}}\right)^n-\left(\frac{v}{v+\mathrm{V}}\right)^n n\,\mathrm{L}\frac{v+\mathrm{V}}{v}\right\}},$$

qui se réduit à $\frac{v}{v+V}$, comme lorsqu'il y a épuisement.

Après avoir discuté la théorie du système de MM. Clegg et Samuda en supposant les vases imperméables, cherchons à apprécier l'influence que peut exercer l'air qui pénètre dans le tube par les joints, les soupapes et le clapet, et déterminons d'abord quelle quantité d'air rentre aux divers degrés de dilatation.

A l'aide d'un grand nombre d'expériences, il a été reconnu que le mercure, lorsqu'on arrête la machine après avoir dilaté l'air du tube, descend avec une vitesse uniforme sur toute l'étendue de l'échelle manométrique, c'est-à-dire qu'en 1′ il rentre dans le tube une quantité ou poids d'air constant.

Les résultats de nos expériences sur l'abaissement du manomètre produit par la rentrée de l'air, sont consignés dans le tableau suivant.

…AU N° 7. — *Descente du mercure dans les manomètres de Kingstown et Dalkey, …l'on arrête la machine motrice après avoir dilaté l'air du tube pneumatique.*

EXPÉRIENCES											
… JANVIER 1844.		13 JANVIER 1844.		15 JANVIER 1844.		7 FÉVRIER 1844.		8 FÉVRIER 1844.		8 FÉVRIER 1844.	
… manomètre.	Temps écoulé pendant le passage d'une division à l'autre.	Hauteur du manomètre observée de 15 en 15″.	Temps total employé par le mercure pour descendre de 24 pouces.	Hauteur du manomètre.	Moment du passage du mercure vis-à-vis de chaque division.	Hauteur du manomètre.	Temps écoulé pendant le passage d'une division à l'autre.	Hauteur du manomètre.	Moment du passage vis-à-vis de chaque division.	Hauteur du manomètre.	Moment du passage vis-à-vis de chaque division.
…ngl.					Heures.						
	29″	24,00		24,40	12,41′00″	25	34″	20,00	1′ 15″	19,00	18″
	29	23,30		23,80	» 42 00	22	34	19,50	1 32	18,50	59
	30	22,60		22,80	» 42 30	21	32	19,00	1 51	18,00	59
	30	22,10		22,00	» 43 00	20	33	18,50	2 13	17,50	1,25
	31	21,70		21,20	» 43 15	19	22	18,00	2 31	17,00	1,44
	30	21,10		20,80	» » 30	18	17	17,50	2 50	16,50	2,06
	33	20,70		20,30	» » 45	17	17	17,00	3 10	16,00	2,28
	29	20,15		19,80	» 44 00	16	20	16,50	3 30	15,50	2,31
	32	19,60		19,40	» » 15	15	18	16,00	3 50	15,00	3,14
	31	19,10		18,70	» » 30	14	22	15,50	4 12	14,50	3,36
	31	18,55		18,20	» » 45	13	20	15,00	4 30	14,00	3,57
	30	18,10		17,50	» 45 00	12	20	14,50	4 51	13,50	4,20
	31	17,30		17,00	» » 15	11	25	14,00	5 11	13,00	4,42
	30	» »		16,70	» » 30	10	26	13,50	5 34	12,50	5,05
	29	» »		16,20	» » 45	9	24	13,00	5 52	12,00	5,24
	31	» »		15,70	» 46 00	8	24	12,50	6 15	11,50	5,46
	30	» »		15,00	» » 15	7	22	12,00	6 31	11,00	6,07
	»	» »		14,60	» » 30	6	»	11,50	6 51	10,50	6,28
	»	» »		14,10	» » 45	»	»	11,00	7 08	10,00	6,49
	»	» »		13,50	» 47 00	»	»	10,50	7 28	9,50	7,09
	»	» »	10′,30″	13,00	» » 15	»	»	10,00	7 45	9,00	7,30
	»	» »		12,50	» » 30	»	»	9,50	8 05	8,50	7,50
	»	» »		12,00	» » 45	»	»	9,00	8 30	8,00	8,09
	»	» »		11,50	» 48 00	»	»	8,50	8 49	7,50	8,29
	»	» »		10,80	» » 15	»	»	8,00	9 07	7,00	8,45
	»	» »		10,30	» » 30	»	»	7,50	9 25	6,50	9,02
	»	» »		9,80	» » 45	»	»	7,00	9 40	6,00	9,20
	»	» »		9,50	» 49 00	»	»	6,50	9 55	5,50	9,35
	»	» »		8,80	» » 15	»	»	6,00	10 07	5,50	9,50
	»	» »		8,30	» » 30	»	»	5,50	10 21	4,50	10,04
	»	» »		8,00	» » 45	»	»	5,00	10 35	4,00	10,18
	»	» »		7,20	» 50 00	»	»	4,50	10 47	3,50	10,31
	»	» »		6,50	» » 15	»	»	4,00	10 50	3,00	10,42
	»	» »		6,00	» » 30	»	»	3,50	11 12	»	»
	»	» »		5,60	» » 45	»	»	3,00	11 20	»	»
	»	» »		5,00	» 51 00	»	»	»	»	»	»
	»	» »		4,50	» » 15	»	»	»	»	»	»
	»	» »		3,60	» » 30	»	»	»	»	»	»
	»	» »		3,00	» » 45	»	»	»	»	»	»
	»	» »		2,00	» 52 00	»	»	»	»	»	»
	»	» »		1,00	» » 15	»	»	»	»	»	»
	»	» »		0,00	» 53 00	»	»	»	»	»	»
…TOTAL.	516″	» »	10′,30″	»	12′ 00	»	410″	»	16′05	»	10′24
…TOTALE.	17 p.	» »	24 p.	»	24 p. 4	»	17 p	»	17 p.	»	16 p.
…en 1′.	1 p. 98	» »	2 p.33	»	2 p. 05	»	2 p 49	»	1 p. 69	»	1 p. 56

Moyenne générale 2,00 pouces.

Le mercure descend donc en moyenne de 2 pouces, soit 0^m051 par minute, c'est-à-dire qu'il rentre dans le tube un poids égal, ou $\frac{51}{760}$ du poids total qu'il contenait à la tension atmosphérique, c'est-à-dire 26^k09. Cette rentrée uniforme provient de ce que le clapet et les soupapes étant pressés en vertu de la différence de tension de l'air à l'extérieur et à l'intérieur du tube, ferment d'autant mieux que cette différence est plus grande, ce qui a lieu lorsque la dilatation est plus parfaite ; le clapet oppose donc à la rentrée de l'air un obstacle croissant avec la force qui le fait pénétrer dans le tube.

Le remède naît, pour ainsi dire, du mal, et c'est, comme nous le verrons, un très-grand avantage que possède le clapet de MM. Clegg et Samuda.

Lorsque le convoi circule sur le chemin, la longueur du clapet comprise entre le piston-remorqueur et l'extrémité du tube, diminue à mesure que le convoi avance ; la rentrée d'air pendant la marche ne reste donc pas la même : au départ, elle est égale à la quantité indiquée ci-dessus, et devient, à l'arrivée, plus petite de toute la rentrée due au clapet.

Il convient donc de rechercher séparément la rentrée d'air fournie par le clapet et celle qui est produite par les joints des portions du tube, les soupapes et le piston-remorqueur.

Pour apprécier la quantité d'air fournie par le clapet, il suffit d'arrêter le piston à divers points de la longueur du tube, de dilater l'air, puis d'observer la descente du mercure.

Connaissant, pour chaque station, le volume occupé par l'air dilaté, et l'abaissement du manomètre en 1', on en déduira immédiatement le poids d'air rentré.

Chacun des poids ainsi trouvés renferme la quantité constante et la quantité variable pour la longueur du clapet correspondante.

Appelons donc :

Q, Q', Q'', les poids totaux d'air rentrés à chaque station;

c le poids constant;

q le poids d'air qui rentre en 1', sur un mètre de longueur du tube pneumatique;

l, l', l'', les longueurs du tube occupées par l'air dilaté aux diverses stations :

Nous aurons pour chaque point d'observation :

$$c + q\,l = Q,$$
$$c + q\,l' = Q',$$

équations qui permettent de déterminer les deux inconnues c et q.

Une série d'expériences faites, le 15 janvier 1844, sous la direction de M. Bergin, a fourni les résultats consignés dans le tableau suivant.

TABLEAU N° 8.

NUMÉRO des STATIONS.	DESCENTE du mercure pendant 1', valeur de y, y', y''.		Longueur de la partie du tube pneumatique comprise entre le lieu d'observation et l'extrémité vers la machine.	Volume d'air dilaté comprenant le volume du tuyau de communication et celui correspondant aux longueurs l, l' l'' du tube pneumatique.	POIDS d'air rentré en 1' à chaque point de stationnement.	LIEUX de STATIONNEMENT.
	Mètres.	Moyenne.			Kil.	
1	0,058	0,058	2,182	299^{m3},13	29,676	à l'origine du tube.
2	0,057 0,055	0,056	1,377	206, 87	19,816	à 1/2 mille de l'origine du tube.
3	0,081 0,082	0,081	575	114, 72	15,896	à 1 mille.
4	0,106	0,106	»	49, 05	8,895	à l'extrémité.

Introduisant ces données dans les équations précédentes, on en déduit :

$$q = 0^{k}\ 01224.$$
$$q = 0\ ,00487.$$
$$q = 0\ ,01222.$$

ou, en moyenne, 0^{k},00977.

Ces résultats présentant de grandes différences, nous avons cherché une donnée qui fût hors de discussion.

Il est de fait que, en général, le mercure descend de 0^m051 par $1'$, ou qu'il rentre un poids de 26^k09 d'air par minute dans le tube pneumatique et le tuyau de communication réunis.

Si, de cette quantité, nous retranchons le poids d'air rentré dans le tube lorsque le piston est placé près de l'ouverture du tuyau de communication, poids qui représente toutes les rentrées constantes, le reste donnera la rentrée due au clapet.

Adoptant donc 8^k89, trouvés ci-dessus, pour la rentrée constante, il viendra pour la rentrée variable $26^k09 - 8^k89 = 17^k20$, qui, divisés par la longueur du tube, 2^m182, donne, pour la rentrée par mètre courant, 0^k00788, quantité inférieure à 0^k00977, mais assez peu différente.

Cherchons maintenant l'expression analytique du travail de la machine, avec une rentrée d'air déterminée, cette rentrée étant proportionnelle au temps, tandis que le nombre de coups de piston dépend de la production de vapeur et de la résistance variable que produit la pompe à air : on ne peut établir l'expression cherchée que d'une manière approchée, en attribuant au piston une vitesse moyenne uniforme.

La machine faisant environ 24 révolutions, lorsque le mercure est aux extrémités de l'échelle manométrique, et ordinairement 20 à 22, nous admettons, comme une moyenne assez approximative, 22 doubles courses, ou 44 courses simples du piston, par minute, ce qui répond au travail de la machine dans de bonnes conditions.

Désignons par p un volume d'air à la tension atmosphérique, représentant le poids d'air rentré pendant l'intervalle qui sépare deux courses successives du piston pendant la première période;

w exprimera, comme précédemment, la somme des volumes du tube pneumatique et du tuyau de communication ;

v le volume de la pompe à air.

La tension à l'origine du mouvement étant égale à la tension atmosphérique, prise pour unité, deviendra :

$$\text{après la 1}^{\text{re}}\text{ course, } \frac{w+p}{w+v}=\left(\frac{w}{w+v}\right)+p\left(\frac{1}{w+v}\right);$$

$$\text{après la 2}^{\text{e}}\text{ course, } (w+p)\left(\frac{w}{(w+v)^2}\right)+p\frac{1}{w+v}$$

$$=\left(\frac{w}{w+v}\right)^2+p\left(\frac{w}{(w+v)^2}+\frac{1}{w+v}\right);$$

$$\text{après la 3}^{\text{e}}\text{ course, } (w+p)\frac{w^2}{(w+v)^3}+p\frac{w}{(w+v)^2}+p\frac{1}{w+v}$$

$$=\left(\frac{w}{w+v}\right)^3+p\left(\frac{w^2}{(w+v)^3}+\frac{w}{(w+v)^2}+\frac{1}{w+v}\right);$$

$$\text{après la 4}^{\text{e}}\text{ course, } (w+p)\frac{w^3}{(w+v)^4}+\frac{w^2}{(w+v)^3}+\frac{w}{(w+v)^2}+p\frac{1}{w+v}$$

$$=\left(\frac{w}{w+v}\right)^4+p\left(\frac{w^3}{(w+v)^4}+\frac{w^2}{(w+v)^3}+\frac{w}{(w+v)^2}+\frac{1}{w+v}\right);$$

après la n^{e} course,

$$\left(\frac{w}{w+v}\right)^n+p\left(\frac{w^{n-1}}{(w+v)^n}+\frac{w^{n-2}}{(w+v)^{n-1}}\cdots\frac{1}{w+v}\right).$$

expression qui, en sommant la série, donne :

$$\left(\frac{w}{w+v}\right)^n+\frac{p}{v}\left(1-\left(\frac{w}{w+v}\right)^n\right),$$

ou

$$\left(\frac{w}{w+v}\right)^n\left(1-\frac{p}{v}\right)+\frac{p}{v}.$$

A chaque valeur de p correspond donc une limite de dilatation que l'on ne peut dépasser, quelle que soit la durée du travail de la pompe ; car, en portant même à l'infini le nombre de coups de piston, on réduirait à zéro l'expression $\left(\frac{w}{w+v}\right)^n$, et la limite cherchée deviendrait $\frac{p}{v}$.

Le travail mécanique qu'il faut dépenser pour faire parcourir au piston la longueur d'une course, en prenant une

moyenne entre les tensions initiale et finale, est représenté :

Pour la 1e course, par $av\left(t-\frac{t+t'}{2}\right)$;

» 2me » » $av\left(t'\left(1+L\frac{t}{t'}\right)-\left(\frac{t'+t''}{2}\right)\right)$;

» 3me » » $av\left(t''\left(1+L\frac{t}{t''}\right)-\left(\frac{t''+t'''}{2}\right)\right)$:

» n^e » » $av\left(t^n\left(1+L\frac{t}{t^{n-1}}\right)-\left(\frac{t^{n-1}+t^n}{t}\right)\right)$.

La somme représentant le travail dépensé pendant n courses, devient, après les réductions :

$$av\left\{\frac{t}{2}-\frac{t^n}{2}+t'L\frac{t}{t'}+t''L\frac{t}{t''}+\ldots t^{n-1}-1\,L\frac{t}{t^{n-1}}\right\}:$$

et, après avoir substitué :

à t sa valeur $=1$,

à t' sa valeur $=\frac{w}{w+v}\left(1-\frac{p}{v}\right)+\frac{p}{w}$;

à t'' — $=\left(\frac{w}{w+v}\right)^2\left(1-\frac{p}{v}\right)+\frac{p}{v}$;

à t''' — $=\left(\frac{w}{w+v}\right)^3\left(1-\frac{p}{v}\right)+\frac{p}{v}$;

à t^n — $=\left(\frac{w}{w+v}\right)^n\left(1-\frac{p}{v}\right)+\frac{p}{v}$:

nous obtenons:

$$av\left(\frac{1-\left(\frac{w}{w+v}\right)^n\left(1-\frac{p}{v}\right)-\frac{p}{v}}{2}+\left(\frac{w}{w+v}\right)\left(1-\frac{p}{v}\right)\right.$$

$$+\frac{p}{v}\left(L\frac{1}{\left(\frac{w}{w+v}\right)\left(1-\frac{p}{v}\right)+\frac{p}{v}}\right)+\left(\left(\frac{w}{w+v}\right)^2\left(1-\frac{p}{v}\right)+\frac{p}{v}\right)\left(L\frac{1}{\left(\frac{w}{w+v}\right)^2\left(1-\frac{p}{v}\right)-\frac{p}{v}}\right)$$

$$\left.+\left(\left(\frac{w}{w+v}\right)^{n-1}\left(1-\frac{v}{p}\right)+\frac{p}{v}\right)\left(L\frac{1}{\left(\frac{w}{w+v}\right)^{n-1}\left(1-\frac{p}{v}\right)+\frac{p}{v}}\right)\right).$$

Les calculs à l'aide de la formule précédente, qui forme une série que nous n'avons pu sommer, sont très-longs. Desirant d'ailleurs obtenir un moyen d'évaluation expéditif et dégagé de toute hypothèse, nous avons cherché à reconnaître si, entre certaines limites de dilatation, on pouvait considérer les effets dynamiques dépensés comme proportionnels aux quantités absolues, ou poids d'air extraits du tube; cette proposition étant évidente pour la seconde période, il restait à s'assurer si elle était admissible pendant la période de dilatation; nous avons donc calculé, à l'aide de la première de ces deux formules, l'effet dynamique nécessaire pour obtenir le degré de dilatation auquel la machine élève l'air après chaque minute successive de sa marche, puis nous avons divisé la quantité trouvée par le poids d'air extrait.

Comparant, dans les mêmes limites de dilatation, le travail dépensé et le poids d'air extrait, lorsqu'il n'y a pas de rentrée d'air, nous avons trouvé que chaque kilogramme d'air exigerait :

				AVEC RENTRÉE D'AIR. — Kilogrammes.	SANS RENTRÉE D'AIR. — Kilogrammes.
Lorsque le mercure monte	de	0	à 0^m216	1,310	1,260
Id	»	0,216	0, 340	3,738	3,646
id.	»	0,340	0, 422	5,638	5,554
id.	»	0,422	0, 475	7,196	7,120
id.	»	0,475	0, 511	8,400	8,320
id	»	0,511	0, 536	9,360	9,309
id.	»	0,536	0, 559	10,222	10,164

Les faibles différences entre ces nombres nous ont donc permis d'admettre, comme une évaluation très-approximative, que l'on pourrait, dans les limites de dilatation les plus éloignées que peut produire le travail de la machine pen-

dant 1′, regarder l'effet dynamique dépensé comme proportionnel au poids d'air extrait.

Cette proposition permet de résoudre presque toutes les questions d'application par de simples opérations d'arithmétique. En effet, lorsque l'on connaît la hauteur manométrique obtenue, par le travail de la machine, pendant 1, 2, 3 minutes, on peut calculer le poids d'air extrait du tube à chacun de ces moments, et, par différence, le poids d'air épuisé par la machine pendant la 1re, la 2e et la 3e minute ; ajoutant à chacun des poids trouvés, celui de l'air qui rentre en 1′, on obtient le poids total d'air extrait pendant 1′, sous les tensions comprises entre les limites observées.

Ces résultats sont consignés dans le tableau suivant :

TABLEAU N° 9.

TEMPS écoulé depuis l'origine du mouvement de la machine.	HAUTEURS MANOMÉTRIQUES EXPRIMÉES EN MESURES		POIDS D'AIR EXTRAIT DU TUBE PNEUMATIQUE ET DU TUYAU RÉUNIS		POIDS D'AIR rentré pendant chaque minute.	POIDS TOTAL d'air extrait par la machine pendant chaque minute successive.
	anglaises. Pouces.	Métriques.	Depuis l'origine du mouvement.	Pendant chaque minute.		
1	8,50	0,216	110,52	110,52	26,09	136,61
2	13,40	0,340	173,96	63,44	26,09	89,53
3	16,60	0,422	215,92	41,96	26,09	68,05
4	18,70	0,475	243,04	27,12	26,09	53,21
5	20,10	0,511	261,46	18,42	26,09	44,51
6	21,10	0,536	274,25	12,79	26,09	38,88
7	22,00	0,559	286,02	11,77	26,09	37,86
8	22,60	0,574	293,69	7,67	26,09	37,76

On a ensuite cherché quel serait le poids extrait si, au lieu de continuer à monter, le manomètre restait stationnaire.

Il est clair que, pendant la seconde minute, la machine aurait épuisé une quantité d'air comprise entre 136^k61 et 89^k53, mais plus rapprochée de 89^k53 que de 136^k61, dans le rapport donné par les hauteurs manométriques 0^m216 et 0^m124 obtenus pendant la 1re et la 2e minute; appelant donc x, x', x'', les quantités cherchées, nous aurons :

$$136,61-x : x-89,53 :: 216 : 124$$
$$89,53-x' : x'-68,05 :: 124 : 82$$
$$68,05-x'' : x''-53,21 :: 82 : 53.$$

Nous obtiendrons de cette manière, et avec un degré d'approximation suffisant, les poids d'air extrait par la machine pendant 1 minute, aux divers degrés de dilatation indiqués.

Ces quantités sont portées au tableau suivant.

TABLEAU N° 10.

TEMPS écoulé depuis l'origine du mouvement de la machine.	HAUTEURS MANOMÉTRIQUES EXPRIMÉES EN MESURES		POIDS DE L'AIR extrait par la machine pendant chaque minute successive.	POIDS TOTAL d'air que la machine extrairait si le manomètre restait stationnaire aux hauteurs indiquées à la 2e et 3e colonne.
	Anglaises. Pouces.	Métriques.		
			136,61	
1	8,50	0,216	89,53	106,70
2	13,40	0,340	68,05	76,60
3	16,60	0,422	53,21	59,04
4	18,70	0,475	44,31	48,03
5	20,10	0,511	38,88	41,19
6	21,10	0,536	37,86	38,35
7	22,00	0,559	33,76	33,58
8	22,60	0,574		

La vitesse du piston-remorqueur étant modifiée par la rentrée d'air, qui varie en raison de la longueur du clapet,

il faut, pour connaître la durée du trajet, déterminer la loi de cette variation de vitesse.

L'espace parcouru par le piston-remorqueur dans l'unité de temps, peut être considéré comme composé de deux quantités : l'une, constante, serait la longueur que parcourrait le piston si la rentrée d'air, qui a lieu au moment du départ, restait constante ; la seconde quantité, ou longueur additionnelle, sera proportionnelle à une diminution de rentrée d'air égale à la rentrée que produisait la longueur parcourue.

Nommons donc :

c le poids d'air extrait par la machine, sous la tension que l'on considère, diminuée du poids d'air représentant toutes les rentrées, y compris celle du clapet;

q le poids d'air qui rentre par l'unité linéaire du clapet;

s le poids d'air contenu dans le tube par unité de longueur;

x, x', x'', x''', x'''', . . . les longueurs successives parcourues pendant l'unité de temps :

Nous aurons les expressions suivantes pour les valeurs de x, x', x'', x''', x''''. . . .

$$\frac{c+{}^1/_2 q x}{s}=x \text{ d'où} \ldots\ldots \quad x=\frac{c}{s-\frac{1}{2}q}$$

$$\frac{c+(x+{}^1/_2 x')q}{s}=x' \ldots\ldots \quad x'=\frac{c}{s-\frac{1}{2}q}\times\left(\frac{s+\frac{1}{2}q}{s-\frac{1}{2}q}\right)$$

$$\frac{c+(x+x'+\frac{1}{2}x'')q}{s}=x'' \ldots\ldots \quad x''=\frac{c}{s-\frac{1}{2}q}\times\left(\frac{s+\frac{1}{2}q}{s-\frac{1}{2}q}\right)^2$$

$$\frac{c+(x+x'+x''+\frac{1}{2}x''')q}{s}=x''' \ldots \quad x'''=\frac{c}{s-\frac{1}{2}q}\times\left(\frac{s+\frac{1}{2}q}{s-\frac{1}{2}q}\right)^3$$

La longueur totale du parcours, ou la longueur L du tube

pneumatique, sera égale à la somme des espaces x, x', x'', x''', x'''', ...et l'on aura :

$$L=\frac{c}{s-{}^1/_2q}\left(1+\left(\frac{s+\frac{1}{2}q}{s-\frac{1}{2}q}\right)+\left(\frac{s+\frac{1}{2}q}{s-\frac{1}{2}q}\right)^2+\left(\frac{s+\frac{1}{2}q}{s-\frac{1}{2}q}\right)^3+\ldots\right)$$

$$=\frac{c}{s-{}^1/_2q}\left(\frac{\left(\frac{s+\frac{1}{2}q}{s-{}^1/_2q}\right)^n-1}{\left(\frac{s+\frac{1}{2}q}{s-{}^1/_2q}\right)-1}\right);$$

$$n=\frac{\text{Log.}\left(\frac{qL}{c}+1\right)}{\text{Log.}\left(\frac{s+{}^1/_2q}{s-{}^1/_2q}\right)}.$$

n représente le nombre de termes ou d'unités de temps employées à parcourir la longueur du tube.

Cette valeur de n est trop faible, parce que l'on n'a pas tenu compte du temps pendant lequel devrait agir l'effort exercé par le piston, pour transmettre à la masse du convoi une augmentation de vitesse égale à la différence entre les vitesses finale et initiale ; mais nous avons cru pouvoir négliger cette quantité, eu égard au degré d'approximation que possèdent les données fournies par les observations, et afin d'employer des éléments de calcul plutôt favorables que défavorables au nouveau système.

A l'aide des données qui précèdent, il devient très-facile de résoudre tous les problèmes relatifs à la machine de Dalkey.

Admettant, comme précédemment, que l'épuisement se fasse sous une tension uniforme, on peut se demander :

1° Quel est l'effet utile lorsque l'on emploie diverses tensions ?

2° Quel serait l'effet utile s'il n'y avait pas de rentrée d'air ?

3° Si la pompe pneumatique communiquait sans intermédiaire avec le tube pneumatique, que deviendraient les effets utiles trouvés ci-dessus?

4° Quel serait l'effet utile de la machine de Dalkey, si on l'appliquait sans intermédiaire à des tubes ayant des longueurs variables de 1 à 5 kilomètres, avec des degrés différents de dilatation?

5° Quels sont, dans l'état actuel des choses, les efforts et les vitesses que la machine de Dalkey peut produire, sous divers degrés de dilatation?

6° Enfin quels seraient les efforts et vitesses correspondants à des longueurs de 1 à 5 kilomètres, sous diverses tensions?

Pour résoudre la première question, nous connaissons déjà le temps et, par suite, l'effort dynamique employé par la machine pour dilater l'air; il reste à calculer le temps qu'elle mettrait à épuiser le poids d'air contenu dans le tube pneumatique à ces diverses tensions, résultat que l'on obtient à l'aide de la formule

$$n = \frac{\text{Log.}\left(\frac{qL}{c}+1\right)}{\text{Log.}\left(\frac{s+{}^1/_2 q}{s-{}^1/_2 q}\right)}, \text{ trouvée ci-dessus.}$$

Additionnant les temps employés pour dilater et épuiser, puis multipliant le nombre de minutes trouvées par le facteur constant 821,400 kilogr., le produit représentera en kilogrammètres le travail dépensé par le moteur.

L'effet utile s'obtiendra, comme précédemment, en multipliant l'effet relatif à la tension par la longueur du tube.

Le rapport entre la première et la seconde quantité prise pour unité, sera le coefficient d'effet utile cherché.

On résoudra la seconde, la troisième et la quatrième question, en suivant la même marche.

Quant à la durée du travail moteur pour obtenir, dans un tube différent de celui qui a servi aux expériences, un degré

de dilatation déterminé, elle s'obtiendra en calculant successivement le temps nécessaire pour passer d'un degré de dilatation à l'autre, donnée que fournit la division du poids d'air à extraire par celui que la machine motrice extrait utilement dans l'unité de temps.

Les résultats sont consignés aux tableaux suivants, nº 11 et 12, et satisfont aux quatre premières questions posées ci-dessus.

TABLEAU N° 11. — *Effet utile de l…*

DANS L'ÉTAT ACTUEL.														
AVEC RENTRÉE D'AIR.										SANS RENTRÉE D'AIR				
Hauteur du manomètre indiquant la différence entre la tension de l'air du tube et celle de l'atmosphère, exprimée en			Tension de l'air dans le tube pneumatique.	TEMPS EMPLOYÉ par la MACHINE pour			Effet dynamique représentant le travail moteur.	Effet dynamique réalisé.	Coefficient d'effet utile.	TEMPS EMPLOYÉ par LA MACHINE pour				
Pouces anglais de mercure.	Mètre de mercure.	Atmosphère.		dilater l'air.	épuiser l'air.	TOTAL.				DILATER.		Épuiser.	TOTAL (cut off)	
8,5	0,216	0,2842	0,7158	1	2,58	3,58	2,940,612	734,100	0,250	0,81	0,81	2,18	2…	
13,4	0,340	0,4474	0,5526	2	3,07	5.07	4,164,498	1,155,800	0,278	0,71	1,52	2,55	3,…	
16,6	0,422	0,5553	0,4447	3	3,53	6,53	5,363,340	1,434,500	0,267	0.62	2,14	2,43	4,…	
18.7	0,475	0,6250	0,3750	4	4,10	8,10	6,653,340	1,614,500	0,243	0,51	2,65	2,34	5,…	
20.1	0,511	0,6724	0,3276	5	4,68	9,68	7,951,152	1,737,000	0,218	0,41	3,06	2,59	5,…	
21.1	0,536	0,7053	0,2947	6	4,87	10,87	8,928,618	1,822,000	0,204	0,33	3,39	2,50	5,…	
22.0	0,559	0,7355	0,2645	7	5,22	12,22	10,037,508	1,900,000	0,189	0,31	3,70	2,43	6…	
22.6	0,574													

min de Kingstown à Dalkey.

AVEC SUPPRESSION DE TUYAU DE COMMUNICATION.																
AVEC RENTRÉE D'AIR.							SANS RENTRÉE D'AIR.						
TEMPS EMPLOYÉ par LA MACHINE pour				EFFET DYNAMIQUE REPRÉSENTANT		Coefficient d'effet utile.	TEMPS EMPLOYÉ par LA MACHINE pour				EFFET DYNAMIQUE REPRÉSENTANT		Coefficient d'effet utile.
DILATER.		Épuiser.	TOTAL.	le travail moteur.	le travail réalisé.		DILATER.		Épuiser.	TOTAL.	le travail moteur.	le travail réalisé.	
0,81	0,81	2,49	3,30	2,710,620	734,100	0,271	0,68	0,68	2,18	2,86	2,349,204	734,100	0.312
0,79	1.60	2,90	4,51	3,704,314	1,155,800	0,312	0,59	1,27	2,35	3,62	2,973,468	1,155,800	0,389
0,77	2,37	3,26	5.63	4,624,482	1,434,500	0,310	0,52	1,79	2,45	4,24	3,482,736	1,434,500	0,412
0,74	3,11	3,67	6,78	5,569,092	1,614 500	0,290	0,43	2,22	2,54	4,76	3,909,864	1,614,500	0,415
0,71	3,82	4,05	7,87	6,464,418	1,737,000	0,269	0,35	2,57	2,59	5,16	4,238,424	1,737,000	0,410
0,66	4,48	4,13	8,61	7,072,234	1,822,000	0,258	0,27	2,84	2,50	5,34	4,386,276	1,822,000	0,411
0,63	5,13	4,28	9,41	7,729,374	1,900,000	0,246	0,26	3,10	2,43	5,53	4,342,342	1,900,000	0,418

a supposé que la suppression du tuyau de communication réduirait la rentrée constante de 8k89 à 5k32.

TABLEAU N° 12. — *Résultats que produirait*

Hauteur du manomètre indiquant la différence entre la tension de l'air contenu dans le tube pneumatique et celle de l'atmosphère exprimée en			TENSION de l'air dans le tube pneumatique.	UN KILOMÈTRE.					
				TEMPS NÉCESSAIRE POUR				EFFET DYNA	
pouces anglais de mercure.	mètre de mercure.	atmosphère.		DILATER.		ÉPUISER.	TOTAL.	DÉPENSÉ.	RÉALI
8,5	0,216	0,2842	0,7158	0,344	0,344	1,084	1,428	1,172,959	336,
13,4	0,340	0,4474	0,5526	0,319	0,663	1,233	1,896	1,557,374	529,
16,6	0,422	0,5553	0,4447	0,296	0,959	1,339	2,298	1,887,517	657,
18,7	0,475	0,6250	0,3750	0,261	1,220	1,451	2,671	2,193,959	740,
20,1	0,511	0,6724	0,3276	0,227	1,447	1,530	2,985	2,451,879	796,
21,1	0,536	0,7053	0,2947	0,192	1,639	1,526	3,165	2,599,731	835,
22,0	0,559	0,7355	0,2645	0,184	1,823	1,527	3,350	2,751,691	870,
					8,095				
				QUATRE KILOMÈTRES.					
8,5	0,216	0,2842	0,7158	1,702	1,702	4,988	6,690	5,495,166	1,346,
13,4	0,340	0,4474	0,5526	1,853	3,555	6,149	9,704	7,970,866	2,118,
16,6	0,422	0,5553	0,4447	2,075	5,630	7,471	13,101	10,761,161	2,629,
18,7	0,475	0,6250	0,3750	2,569	8,199	9,578	17,777	14,602,028	2,960,
20,1	0,511	0,6724	0,3276	3,791	11,990	13,255	25,245	20,736,243	3,184,
21,1	0,536	0,7053	0,2947	10,652	22,642	17,906	40,548	33,306,127	3,340,
22,0	0,559	0,7355	0,2645	»	»	»	»	»	»

Dalkey, s'il était appliqué à des tubes de :

EUX KILOMÈTRES.						TROIS KILOMÈTRES.						
ÉCESSAIRE POUR			EFFET DYNAMIQUE		RAPPORT	TEMPS NÉCESSAIRE POUR				EFFET DYNAMIQUE		RAPPORT
—	ÉPUISER.	TOTAL.	DÉPENSÉ.	RÉALISÉ.		DILATER.		ÉPUISER.	TOTAL.	DÉPENSÉ.	RÉALISÉ.	
0,735	2,262	2,997	2,461,736	675,000	0,273	1,183	1,183	3,556	4,739	3,892,615	1,009,500	0,259
1,449	2,630	4,079	3,350,491	1,059,400	0,316	1,280	2,391	4,242	6,633	5,448,346	1,589,100	0,292
2,137	2,931	5,068	4,162,855	1,314,800	0,316	1,240	3,631	4,896	8,527	7,004,078	1,972,200	0,282
2,787	3,280	6,067	4,983,434	1,480,000	0,297	1,295	4,926	5,750	10,676	8,769,266	2,220,000	0,253
3,396	3,593	6,989	5,740,765	1,592,200	0,277	1,382	6,308	6,697	13,005	10,682,307	2,388,300	0,224
3,953	3,636	7,589	6,233,605	1,670,000	0,268	1,512	7,820	7,077	14,897	12,236,396	2,505,000	0,205
4,496	3,744	8,240	6,768,336	1,741,600	0,257	1,533	9,378	7,818	17,196	14,124,794	2,612,400	0,185
8,953							35,632					
CINQ KILOMÈTRES.												
2,310	6,592	8,902	7,512,103	1,682,500	0,230	»	»	»	»	»	»	»
3,036	8,480	13,516	11,102,042	2,648,500	0,259	»	»	»	»	»	»	»
8,498	11,197	19,695	16,177,473	3,287,000	0,203	»	»	»	»	»	»	»
14,766	18,515	33,281	27,537,013	3,700,000	0,135	»	»	»	»	»	»	»
—	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
—	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
—	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Enfin en divisant la longueur du tube par le temps de l'épuisement, on obtient la vitesse moyenne correspondante aux tensions que l'on considère et qui déterminent les efforts. Ces données composent les tableaux suivants, n° 13 et 14, et donnent la solution des 5ᵉ et 6ᵉ problèmes.

TABLEAU N° 13. — *Effort et vitesse que peut produire l'appareil de D appliqué au chemin de Kingstown.*

Hauteur du manomètre indiquant la différence entre la tension de l'air du tube et l'atmosphère exprimée par			EFFORT. — (Kilog.)	DANS L'ÉTAT ACTUEL.		AVEC SUPPRESSION DU TUYAU DE COMMUNICATION.		OBSERVATIONS.
pouces anglais.	mètre.	atmosphère.		AVEC RENTRÉE D'AIR. Vitesse.	SANS RENTRÉE D'AIR. Vitesse.	AVEC RENTRÉE D'AIR. Vitesse.	SANS RENTRÉE D'AIR. Vitesse.	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
			kil.	m. par″.				
8,5	0,216	0,2842	336,50	14,08	16,66	14,64	16,66	Les vitesses portées da tableau et le suivant, ont é tenues en divisant la lon du tube par le temps de l sement. Le profil du chem Kingstown à Dalkey, en sentant une pente favora départ et une rampe asse noncée à l'arrivée, tend liser la vitesse que la re d'air variable diminue d'a plus que le convoi est plus de l'origine du tube. Les vitesses portées d 7ᵉ colonne ne diffèrent de tesses portées dans la 5 parce que la suppressio tuyau intermédiaire a réd rentrée d'air constant de 5,52.
13,4	0,340	0,4474	529,70	11,86	15,48	12,47	15,48	
16,6	0,422	0,5553	657,40	10,29	14,84	11,13	14,84	
18,7	0,475	0,6250	740,00	8,87	14,35	9,91	14,35	
20,1	0,511	0,6724	796,10	7,77	14,08	8,98	14,08	
21,1	0,536	0,7053	835,00	7,47	14,55	8,80	14,55	
22,0	0,559	0,7355	870,80	6,97	14,94	8,49	14,94	

TABLEAU N° 14. — *Effort et vitesse que peut produire l'appareil de Dalkey, appliqué à des tubes de 1 à 5 kilomètres.*

Hauteur du manomètre indiquant la différence entre la tension de l'air du tube et l'atmosphère exprimée en			EFFORT.	VITESSE CORRESPONDANTE A DES TUBES DE				
pouces anglais.	mètre.	atmosphère.		1 kilomètre.	2 kilomètres.	3 kilomètres.	4 kilomètres.	5 kilomètres.
			kil.					
8,5	0,216	0,2842	336,50	15,37	14,74	14,06	13,37	12,64
13,4	0,340	0,4474	529,70	13,32	12,67	11,79	10,84	9,83
16,6	0,422	0,5553	657,40	12,43	11,37	10,21	8,92	7,44
18,7	0,475	0,6250	740,00	11,49	10,16	8,70	6,96	4,50
20,1	0,511	0,6724	796,10	10,90	9,28	7,47	5,03	»
21,1	0,536	0,7053	835,00	10,92	9,17	7,06	3,72	»
22,0	0,559	0,7355	870,80	10,91	8,90	6,40	»	»

Les données des tableaux précédents font voir :

1° Que l'effet utile varie avec le degré de dilatation ; qu'il croît d'abord à mesure, que la dilatation augmente ; devient stationnaire, puis décroît : résultat facile à prévoir d'après les considérations théoriques que nous avons exposées. En effet, les frottements pendant une course du piston restent uniformes, tandis que la résistance de l'air varie avec les divers degrés de tension, l'effet utile produit doit donc être relativement plus grand, lorsque la résistance est à son *maximum*.

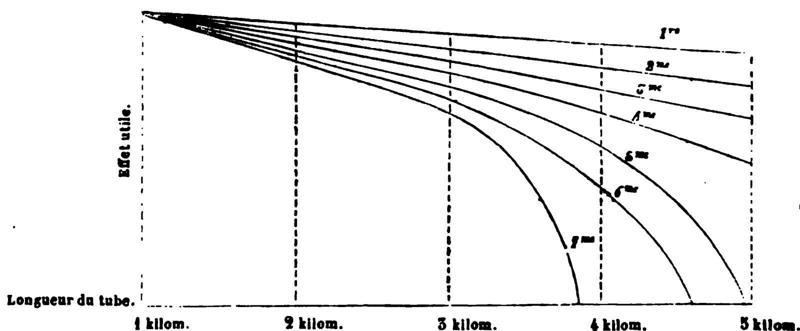
Les frottements et résistances de toute espèce, ainsi que les rentrées d'air, modifient le degré de dilatation qui correspond au *maximum* d'effet utile ; ce degré devrait être celui qui donne la plus grande résistance, pendant une course

de piston, et pour lequel nous avons trouvé $0^{at}395$, répondant à la hauteur $0^{m}46$ du manomètre de Dalkey, tandis qu'en pratique ce *maximum* correspond à environ $0^{at}50$ ou $0^{m}38$ du manomètre.

L'échauffement de l'air dans la pompe, et surtout la rentrée de l'air, occassionnant des pertes de force d'autant plus grandes que la dilatation est plus considérable, doivent, en effet, faire descendre le degré correspondant au *maximum* d'effet utile;

2° L'effet utile décroît en raison de la longueur du tube, dans une proportion d'autant plus rapide que le degré de dilatation est plus élevé.

Le tracé graphique suivant indique la loi de cette décroissance, d'après les résultats du tableau précédent.



La 1re courbe correspond à une pression de 0at284 exercée par l'atmosphère sur le piston-remorqueur.

La 2e	id.	id.	0 447	id.	id.	id.
La 3e	id.	id.	0 555	id.	id.	id.
La 4e	id.	id.	0 625	id.	id.	id.
La 5e	id.	id.	0 672	id.	id.	id.
La 6e	id.	id.	0 705	id.	id.	id.
La 7e	id.	id.	0 735	id.	id.	id.

L'effet nuisible des rentrées d'air croissant avec les longueurs et les degrés de dilatation, assignent les limites d'action d'un moteur déterminé, et les résultats consignés

ci-dessus indiquent quelles sont ces limites pour la machine motrice de Dalkey.

On ne peut, en effet, imprimer à cette machine une vitesse sensiblement plus grande que celle de 22 à 24 révolutions par minute, sans inconvénient, et notammant sans échauffer outre mesure le cylindre de la pompe à air, qui acquiert déjà une température assez élevée pour qu'on ne puisse y appliquer la main.

Jusqu'à présent, nous avons toujours supposé que, pendant la marche du convoi, le manomètre restait stationnaire, ou que l'effort exercé par le piston-remorqueur était constamment en équilibre avec la résistance du convoi. Cette combinaison est celle qui, pour une hauteur manométrique déterminée, correspond au *maximum* de charge et au *minimum* de vitesse : elle s'appliquerait par conséquent avec avantage au service des marchandises; mais, pour les convois de voyageurs, qui exigent une grande vitesse, on modifie cette application du nouveau système de la manière suivante :

Après avoir fait monter le manomètre au point le plus élevé, on n'attache qu'un convoi léger, dont la résistance est beaucoup inférieure à l'effort du piston-remorqueur; la différence entre ces deux forces tend à imprimer au convoi une vitesse accélérée, jusqu'au moment où cette résistance, augmentée de l'action retardatrice de l'air, devient égale à l'effort moteur, lequel décroît d'autant plus rapidement que le piston est animé d'une vitesse excédant davantage celle que produit l'aspiration de la pompe pneumatique : le piston comprime donc l'air dilaté devant lui, et fait ainsi décroître la différence entre la tension de cet air et celle de l'atmosphère.

Le convoi, en vertu de son inertie, conservera la vitesse au delà du moment de l'équilibre, et l'effort continuera à décroître, jusqu'à ce qu'enfin la marche du convoi soit assez ralentie pour que la résistance soit devenue inférieure à l'effort moteur, qui alors imprimera au convoi un nouvel élan, lequel

sera suivi d'un second ralentissement, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'enfin l'équilibre puisse s'établir après une série d'oscillations décroissant d'intensité.

Dans cette combinaison, l'air dilaté produit une action comparable à celle d'un très-long ressort en spirale, que l'on aurait préalablement tendu et auquel on n'attacherait qu'une faible résistance, qui lui permettrait de reprendre sa longueur primitive.

La force élastique d'un ressort ou de l'air pouvant agir avec une vitesse très-grande on obtiendra en un temps très-court un effet dynamique considérable, et même beaucoup supérieur à celui que pourrait développer, pendant le même temps, le moteur qui n'aurait tendu le ressort ou dilaté l'air que par un travail prolongé.

Considéré sous ce rapport, le système atmosphérique présente une manière d'agir qui lui est particulière, et qui, sauf les difficultés pratiques, permettrait d'obtenir des vitesses que réaliseraient difficilement les autres moyens connus.

Remarquons que, si l'on n'utilisait que cette action du système atmosphérique, l'air dilaté contenu dans le tube serait, après chaque voyage, ramené à la tension atmosphérique, ce qui ferait disparaître la perte de force qui résulte, comme nous l'avons vu, de l'espace intermédiaire qui, dans ce cas, loin de nuire, aurait l'avantage de prolonger le parcours pendant lequel l'action motrice serait exercée. Cet espace intermédiaire fournirait donc un véritable réservoir de force.

Mais, si l'on donnait à ce volume intermédiaire des dimensions telles que le piston remorqueur, en arrivant au terme de sa course, ne ramenât point l'air dilaté du tube à la tension atmosphérique, la perte que nous avons signalée se reproduirait de nouveau, et elle reste inévitable lorsque l'on fait agir la machine pendant la marche du convoi.

Voyons quel serait l'effet utile si, après avoir obtenu divers degrés de vide dans l'appareil de Dalkey, l'on n'utilisait que

l'effet dynamique résultant de la dilatation du volume d'air contenu dans le tube.

Le travail dépensé est connu par le temps employé pour produire la dilatation au moment du départ.

L'effet utile est facile à obtenir à l'aide de la formule $a\,w\left(1-t^n-t^n L\frac{1}{t^n}\right)$ faisant les calculs on obtient les résultats suivants.

Hauteurs manométriques indiquant la différence entre la tension de l'air du tube et l'atmosphère, exprimées en			EFFET DYNAMIQUE		RAPPORT ou COEFFICIENT D'EFFET UTILE.
pouces anglais.	mètre.	atmosphère.	dépensé.	réalisé.	
8,5	0,216	0,284	821,400	139,050	0,169
13,4	0,340	0,447	1,642,800	369,875	0,225
16,6	0,422	0,555	2,464,200	602,550	0,244
18,7	0,475	0,625	3,285,600	795,057	0,242
20,1	0,511	0,672	4,107,000	948,012	0,231
21,1	0,536	0,705	4,928,400	1,056,668	0,214
22,0	0,559	0,735	5,749,800	1,185,655	0,206

Dans la pratique, la pompe pneumatique fonctionne toujours pendant la marche des convois, quelque rapide qu'elle soit ; l'épuisement se fait donc sous des tensions qui varient, depuis la tension initiale, jusqu'à la tension réduite que possède l'air au moment où le convoi atteint l'extrémité du tube, tension qui, pour des convois très-légers, peut différer très-peu de la tension atmosphérique.

Pour déterminer le coefficient d'effet utile du travail d'épuisement opéré sous une tension déterminée, il suffit de retrancher, de tout le travail réalisé porté au tableau

n° 11 (avec rentrée d'air), le travail relatif au volume d'air dilaté contenu dans le tube tel qu'il vient d'être indiqué, puis de diviser le reste par le travail moteur dépensé pendant l'épuisement, et l'on obtient ainsi les résultats suivants pour l'appareil de Dalkey tel qu'il existe.

Hauteurs manométriques indiquant la différence entre la tension de l'air du tube et l'atmosphère exprimées en			EFFET DYNAMIQUE		RAPPORT.
pouces anglais.	mètre.	atmosphère.	dépensé.	réalisé.	
8,5	0,216	0,285	2,119,212	595,050	0,281
13,4	0,340	0,447	2,521,698	785,927	0,311
16,6	0,422	0,555	2,899,140	831,950	0,287
18,7	0,475	0,625	3,367,740	819,443.	0,243
20,1	0,511	0,672	3,844,132	788,988	0,205
21,1	0,536	0,705	4,000,218	765,332	0,191
22,1	0,559	0,736	4,287,708	714,367	0,167

L'effet utile de l'appareil de Dalkey, lorsqu'il est employé à remorquer des convois légers, et par conséquent rapides, se compose donc de deux éléments, qui dépendent du degré de dilatation: 1° au moment du départ; 2° pendant la marche du convoi.

Le premier élément varie peu, parce que, pour obtenir de grandes vitesses, on a soin de préparer un grand effort pour le départ.

Le second élément devient d'autant plus avantageux que la hauteur manométrique s'approche davantage de 0^{AT}447, ce qui n'a lieu que pour autant que le convoi est très-léger, et par conséquent animé d'une grande vitesse : c'est ce qui explique l'avantage trouvé pendant les expériences des 11 et 16 janvier 1844, en faveur des convois les plus rapides.

Remarquons toutefois que l'importance relative du second élément décroissant avec la durée du trajet, ne peut, même pour les plus grandes vitesses, modifier notablement les coefficients d'effet utile que nous avons trouvés. (Tableaux n° 11 et n° 12).

La dépense croît avec la vitesse. — Nous avons vu que l'on obtenait une grande vitesse en réduisant l'effort exercé par le piston, de sorte que la dépense faite pour préparer le vide se répartit sur une moindre charge, et devient par conséquent plus grande par unité de poids. Nous voyons, en effet, par les expériences des 11 et 16 janvier 1844, que l'effet dynamique dépensé par tonneau transporté de Kingstown à Dalkey, a été en moyenne :

le 8 janvier 1844 { de 28,083 kilogram. pour une vitesse de 9^m13 par seconde ; de 37,536 kilogram. pour une vitesse de 12^m27 par seconde ;

le 16 janvier 1844 { de 27,418 kilogram. pour une vitesse de 5^m52 par seconde ; de 32,411 kilogram. pour une vitesse de 8^m42 par seconde.

C'est, du reste, un fait constaté, que la résistance de l'air croît avec la vitesse, et ce surcroît de résistance exige un surcroît de force qui se paye, quel que soit l'agent mécanique que l'on emploie.

On ne peut soustraire le poids transporté à cette résistance croissante de la part de l'air, qu'en le faisant voyager dans le tube, ce qui n'est applicable qu'aux dépêches, et c'est peut-être pour ce service que le système atmosphérique présente le plus d'avantages.

Faisons enfin remarquer que nous avons dû considérer comme effet utile, le produit de l'espace parcouru par l'effort exercé, quelle que soit la nature des résistances que cet effort doit vaincre, et qui peuvent être dues, soit à une forte charge

remorquée lentement, soit à un petit convoi animé d'une grande vitesse, parce que, en effet, il peut être utile d'avoir un moindre effort et plus de vitesse, bien que cet effort coûte plus cher.

Expériences sur une machine avec câbles. — Pour comparer les résultats trouvés sur le chemin de fer atmosphérique avec ceux que l'on obtient par le système ordinaire des câbles, nous avons répété, sur l'une des machines stationnaires des plans-inclinés de Liége, des expériences analogues à celles que nous avions faites à Dalkey.

A l'aide d'un indicateur de Macnaught, nous avons obtenu le tracé ou diagramme de la tension de la vapeur dans le cylindre, pendant que le convoi était remorqué sur le plan-incliné supérieur.

Il était facile de calculer les effets dynamiques dépensés et réalisés, à l'aide des données suivantes :

Poids du convoi, $55{,}360^{k}$, constatés à l'aide d'un pont à peser;

La hauteur ou différence de niveau, entre le pied et le sommet du plan-incliné, est $55^{m}00$;

La longueur parcourue est de $2{,}020^{m}$;

La vitesse a été de $5^{m}28$ par seconde ;

L'effort de la machine, rapporté au câble, était de $2{,}455^{k}$;

L'espace parcouru sous cette tension est de $2{,}040^{m}$(20^{m} de plus que le parcours du convoi dû à l'allongement du câble);

Le rapport entre les effets dynamiques réalisés et dépensés est donc :

$$\frac{55{,}360^{k}(55^{m}+2{,}020^{m}\times 0{,}0034)}{2{,}455^{k}\times 2{,}040^{m}}=\frac{3{,}425{,}100}{5{,}008{,}200}=0{,}686,$$

au lieu de 0,178, que nous avons trouvé pour l'effet de la machine de Dalkey, lorsqu'elle a remorqué un convoi à la même vitesse (seconde expérience du 16 janvier 1844.)

La machine de Liége ne permet pas de dépasser notablement la vitesse de $5^{m}50$, pour laquelle elle a été calculée, ce

n'est donc que par analogie que nous pourrons apprécier le coefficient de l'effet utile que l'on obtiendrait avec la même machine, modifiée pour obtenir des vitesses double et triple, c'est-à-dire de 11ᵐ et 16ᵐ50 par seconde, ou 40 et 60 kilomètres à l'heure.

Pour simplifier les calculs qu'exige cette recherche, nous diviserons les effets dynamiques réalisés et dépensés par la longueur utilement parcourue, et nous obtiendrons, d'une part, l'effort faisant équilibre à la résistance du convoi, de l'autre, l'effort moteur, plus grand que le premier de toutes les résistances dues aux transmissions du mouvement.

Appelant : E le premier de ces efforts,

R la différence, le rapport, ou coefficient d'effet utile, sera exprimé par la formule

$$\frac{E}{E+R}.$$

La valeur de R serait indépendante de la vitesse, si elle ne comprenait que les pertes de force dues aux frottements du piston, des axes et des câbles ; mais elle comprend aussi la résistance que l'air oppose au mouvement des poulies.

A défaut d'expériences spéciales, nous admettons qu'une moitié de la valeur de R, qui représente assez approximativement la résistance due aux poulies motrices, de support et de renvoi, croisse avec la vitesse, dans la même proportion que la résistance des convois, laquelle est également composée d'une résistance constante due aux frottements, et d'une résistance variable due à la résistance de l'air.

D'après les belles expériences du docteur Lardner, la résistance des convois serait une fraction de leur poids exprimée par les nombres suivants :

0,0034	lorque la	vitesse	est de	5ᵐ50;
0,0061	»	»	»	11ᵐ00;
0,0107	»	»	»	16ᵐ50.

La résistance R, qui, pour la vitesse de 5^m50, = 784^k
deviendra pour la vitesse de 11^m00. . . . . 1095^k
» » 16,50 . . . . 1626^k.

Substituant ces valeurs de R dans la formule précédente, $\frac{E}{E+R}$, en conservant la même quantité pour la somme $E+R$, qui représente l'effort moteur, le rapport

$$\frac{3,425,100}{5,008,200}=\frac{1695}{2479}=0,686,$$ deviendra pour

la vitesse de 11^m . . $\frac{1384}{2479}=0,558$, et pour

» » 16,50 $\frac{853}{2479}=0,344$.

Il nous reste, pour compléter la comparaison, à déterminer l'influence de la longueur sur le coefficient d'effet utile.

Remarquons d'abord que la perte de force résultant de l'allongement du parcours, est uniquement due au plus grand nombre de petites poulies de support des câbles, et, pour ne rien changer à l'effort moteur ni aux autres conditions du système, il faudra diminuer l'effet utile de ce surcroît de résistance.

Il résulte des données qui ont servi de base à l'établissement des machines de Liége, que, pour vaincre les résistances des petites poulies de support des câbles, il faut un effort de 138 kilogrammes pour une longueur de 2000^m à double voie, soit 69^k pour 1000^m à double voie, répondant à un développement de 4000^m de câble.

Cet effort 69, relatif à la vitesse de 5^m50 par seconde, deviendra 124^k et 218^k, pour des vitesses double et triple.

Le produit des quantités 69^k, 124^k et 218^k, par le nombre de kilomètres qui doivent être ajoutés à la longueur du plan qui a servi à nos expériences, exprime donc l'excédant de résistance due à l'augmentation de longueur. Ces quantités étant soustraites des efforts utiles 1695, 1384, 853, trouvés

ci-dessus, on obtiendra les efforts utiles, qu'il suffira de diviser par l'effort constant 2479, pour avoir les coefficients d'effet utile relatifs aux longueurs que l'on considère, et qui sont consignées au tableau suivant.

	COEFFICIENT D'EFFET UTILE POUR LA LONGUEUR DE			
	2 KILOMÈTRES.	3 KILOMÈTRES.	4 KILOMÈTRES.	5 KILOMÈTRES.
Vitesse de 5^m50 par seconde.	0,684	0,665	0,636	0,608
Id. 11,00 id.	0,558	0,508	0,458	0,408
Id. 16,50 id.	0,344	0,256	0,169	0,080

Remarquons que, pour le système atmosphérique comme pour les câbles, les coefficients d'effet utile varient avec le rapport qui existe entre la force de la machine et l'effet à produire.

Nous voyons, en effet, d'après le tableau n° 12, que la machine de Dalkey ne pourrait pas faire monter le manomètre à mercure au delà de 0^m475, si l'on portait à 5 kilomètres la longueur du tube pneumatique du chemin de Kingstown à Dalkey.

Pour mettre en mouvement, à la vitesse de 16^m50, ou de 60 kilomètres à l'heure, un appareil à câble semblable à celui de Liége, mais étendu à un parcours de 5 kilomètres, l'effort de traction de 1695^k, exercé sur ce câble, serait réduit à 200^k environ, et l'effet utile à 0,08; mais en augmentant de 600^k seulement l'effort moteur, le coefficient d'effet utile devient $\frac{800}{3,079}=0,26$.

Pour obtenir du système atmosphérique appliqué à un tube de 5000^m, des coefficients qui ne soient point inférieurs à ceux obtenus sur le chemin de Dalkey, il conviendra d'aug-

menter la force des machines, dans un rapport qui variera selon que l'on voudra obtenir le même degré de dilatation dans le même temps , ou bien imprimer la même vitesse au piston-remorqueur.

Dans le premier cas, la force de la machine devra être exactement proportionnelle à la longueur du tube, parce que,en effet, la quantité d'air à épuiser est proportionnelle à la longueur, ainsi que la rentrée d'air par le clapet; mais, avec cette force motrice, la durée de l'épuisement sera moindre , ce qui procurera une vitesse supérieure aux vitesses observées à Dalkey.

Pour produire la même vitesse , la force de la machine devra croître proportionnellement à la quantité d'air à épuiser, qui augmente avec la rentrée due au clapet, proportionnelle à la longueur du tube. La force motrice sera moindre que dans le cas précédent ; mais les intermittences pour dilater l'air seront plus longues.

Dans le système à câble, la force doit croître proportionnellement avec la vitesse ; en effet, un effort déterminé devant être exercé avec une vitesse double, triple, exige une machine capable de produire un effet dynamique double , triple.

Les deux systèmes présentent donc cette différence, que la force des machines doit être à peu près proportionnelle à la longueur du tube, dans le système atmosphérique, et à la vitesse, dans le système à câble, et que, en réduisant l'effort exercé, on peut, dans le système atmosphérique, obtenir une plus grande vitesse, tandis que la même réduction permet , lorsqu'on emploie les câbles , de porter l'action à des distances plus grandes.

Pour établir le parallèle entre les deux modes de traction , il convient donc de les supposer appliqués à une ligne assez étendue et d'une grande importance commerciale, conditions nécessaires pour justifier l'emploi des machines fixes.

Admettons donc que la ligne soit divisée en relais de 5 kilomètres, et faisons remarquer d'abord que l'effort limité,

dans le système atmosphérique, par le diamètre du tube, que les inventeurs considèrent comme ne pouvant guère dépasser 0m38, à cause de la dépense, est inférieure à l'effort que l'on peut transmettre à l'aide des câbles.

Les convois, pour satisfaire à un mouvement commercial donné, seront donc plus nombreux dans le système atmosphérique, lequel exigera par conséquent une double voie plus impérieusement que le système à câble.

Nous avons vu que l'on ne pouvait, sans perte, dilater l'air dans un espace intermédiaire ; il faudra donc établir un appareil de dilatation à l'extrémité de chaque tube de 5 kilomètres, et sur chaque voie.

La machine de Dalkey peut produire, par seconde, 13,690k, la machine de Liége a produit, lors de nos expériences, 12,960k.

Pour établir le parallèle, nous prendrons pour unité de force l'effet dynamique de 13k690, par seconde.

Les données comparatives des deux systèmes, établies d'après les considérations qui précèdent, sont résumées dans le tableau suivant.

Tableau comparatif du système atmosphérique et des câbles.

VITESSE MOYENNE A IMPRIMER AUX CONVOIS.		Force motrice relative pour desservir un relai de 5 kilomètres de double voie, comparée à la force de la machine de Dalkey, prise pour unité.		Effort exercé d'une manière intermittente dans les deux systèmes, dans l'un pour préparer le vide, dans l'autre pour permettre à la machine d'agir dans le sens opposé.		EFFET UTILE.	
Mètres par 1''.	Kilomètres à l'heure.	Système atmosphérique.	Câbles.	Système atmosphérique.	Câbles.	Système atmosphérique.	Câbles.
5,50	20	2,42	0,66	740	740	0,156	0,427
11,00	40	2,74	1,68	740	740	0,234	0,333
16,50	60	3,51	3,46	740	740	0,276	0,243

On a supposé une hauteur manométrique de $0^{m}475$, ou $0^{at}62$, afin d'avoir des résultats aussi favorables que possible au système atmosphérique.

La force motrice du système atmosphérique a été calculée de manière à obtenir les vitesses moyennes indiquées dans les deux premières colonnes, puis on a calculé le temps que mettrait une machine de cette force pour opérer la dilatation, et l'on a ensuite déduit l'effet dynamique dépensé, qui, comparé à l'effet réalisé $3,700,000^{k}$, a donné le coefficient d'effet utile.

Les intermittences sont : dans le système atmosphérique. $12'\,^{5}/_{10}$, $6'\,^{56}/_{100}$, $4'\,^{4}/_{10}$, et, dans le système à câble, de 15', 7'50, et 5', et correspondent, dans ce dernier système, au temps pendant lequel la machine agit dans la direction opposée.

Les intermittences sont plus longues avec les câbles; mais ceux-ci permettent d'opérer la traction dans les deux sens en même temps, lorsque la charge dans l'une des directions n'est pas à son *maximum*, et c'est ce qui a généralement lieu sur les chemins de fer.

Comparés au système atmosphérique, les câbles exigent donc des machines moins fortes :

dans le rapport de		100 à 27,	pour la vitesse de		20	kilomètres;
»	»	100 à 61	»	»	40	»
»	»	100 à 99	»	»	60	»

ce qui a l'avantage d'être moins coûteux d'établissement.

L'effet utile est également favorable aux câbles, dans le rapport :

de	100 à 274,	pour la vitesse de		20	kilomètres;
de	100 à 143	»	»	40	»
mais devient	100 à 89	»	»	60	»

Pour cette dernière vitesse, le système atmosphérique devient donc plus avantageux; mais remarquons que la vitesse de 60

kilomètres peut être considérée comme la limite des vitesses généralement employées pour des convois publics.

L'on peut donc conclure que les câbles doivent avoir la préférence sur le nouveau système pour les vitesses employées, qui, ne pouvant être généralement dépassées sans augmentation de dépense, resteront probablement longtemps encore en usage.

Les résultats fournis par l'examen de la question dynamique permettent de comparer les frais d'établissement et d'exploitation des deux systèmes.

Les frais d'établissement comprennent :

(*a*) Les machines motrices;

(*b*) Les transmissions de mouvement.

Frais d'établissement. — Le prix des machines à vapeur étant proportionnel à leur force, on peut déduire, au tableau qui précède, le rapport entre le prix des moteurs qu'exigent le système atmosphérique et les câbles.

Les pompes pneumatiques, à égalité de force motrice, coûteront certainement autant que les poulies motrices.

Le tube pneumatique, avec clapet et ses accessoires, d'après une note remise par M. Samuda, coûte 57 fr. par mètre de simple voie, ou 114 fr. par mètre de double voie.

Le câble, avec les poulies de support, coûte, par mètre de double voie, 18 fr.

La différence est donc de 96,000 fr. par kilomètre de double voie, c'est-à-dire équivaut à la moitié du prix total moyen de l'établissement du chemin de fer en Belgique.

Frais d'exploitation. — Quant aux frais d'exploitation, la consommation de combustible est en raison directe de la force de la machine, ou en raison inverse de l'effet utile ; il y aura donc en faveur des câbles une économie :

De 63 °/ₒ lorsque la vitesse est de 20 kilomètres à l'heure;

De 30 °/ₒ » » 40 » »

Enfin, pour la vitesse de 60 kilomètres à l'heure, il y aura économie de 12 °/ₒ en faveur du système atmosphérique.

On n'a pas encore, sur les frais du renouvellement du cui et de la composition imperméable, des données positives ; i est toutefois à remarquer que le tube atmosphérique exig une surveillance plus active que les câbles. Nous avons re marqué que, à Dalkey, quatre hommes au moins sont con- stamment sur la voie, occupés à lisser le joint longitudinal du clapet, et que l'on obtenait d'autant plus vite un degré dé- terminé de dilatation, que ces gardes sont plus nombreux e mettent plus de soin à fermer les ouvertures par lesquelle on entend l'air rentrer dans le tube, lorsque la pomp pneumatique est mise en mouvement, et cette circonstance jointe aux autres causes de variation, peut expliquer le irrégularités qui accompagnent les expériences.

Ces frais de surveillance, augmentés de l'entretien des cuirs du piston et du clapet et des frais journaliers de composition nous paraissent devoir former un total peu différent du graissage des petites poulies, de l'entretien et du renouvelle- ment des câbles, et probablement supérieur, si l'on emploie des câbles en fils de fer.

Sécurité et facilité du service. — Les deux systèmes présen tent le même degré de sécurité ; tous deux sont à l'abri des chances d'incendie, et nous admettons que l'on trouve un moyen de détacher le convoi du piston-remorqueur, de même que l'on peut abondonner le câble en un moment quelcon- que.

Nous supposons d'ailleurs que l'on ne passerait d'un tube dans l'autre qu'avec une très-faible vitesse ; s'il en était autrement, nous regarderions cette circonstance comme une cause permanente d'accidents.

Car, quelque parfait que soit le mécanisme employé, il ne sera pas plus simple que les excentriques ordinaires, auxquels sont dus, en grande partie, les accidents qui arrivent sur les chemins de fer.

Le système atmosphérique ne pouvant exercer que des efforts limités par le diamètre du tube au *maximum* de 900

kilogrammes et avec des intermittences, ne peut pas être employé à desservir un plan-incliné de chemin à locomotives, ni à servir de prolongement à une ligne de bateaux à vapeur ou locomotives qui peuvent amener en un instant de grandes masses de voyageurs ou de marchandises.

Résumé. — Les résultats du travail qui précède pourront se résumer de la manière suivante :

1° Considéré sous le rapport théorique, l'air dilaté, employé par MM. Clegg et Samuda comme moyen de transmission de mouvement, peut restituer tout l'effet dynamique dépensé à le raréfier, sans autre perte de force que celle employée à dilater le volume d'air contenu dans le cylindre de la pompe pneumatique;

2° En pratique, on n'obtient, sur le chemin de Kingstown à Dalkey, qu'un effet utile qui peut varier de 0,19 à 0,20, selon le degré de dilatation de l'air.

En supprimant la conduite établie entre la pompe et le tube pneumatique ou propulseur, l'effet utile augmenterait et varierait de 0,25 à 0,31.

Enfin, s'il n'existait ni conduite intermédiaire ni *rentrée d'air*, l'effet utile s'élèverait entre 0,31 et 0,40.

Les différences entre l'unité et les nombres 0,69 et 0,60, expriment donc les pertes de force dues aux frottements et résistances divers, tant de la machine motrice que de la pompe pneumatique;

3° L'effet utile est à son *maximum* lorsque l'air intérieur a une tension $0^{at}55$, et correspondrait à la tension intérieure de $0^{at}44$, s'il n'y avait pas de rentrée d'air;

4° Appliquant la machine de Dalkey à des tubes de diverses longueurs, l'effet utile diminue en raison de la longueur du tube, dans une proportion d'autant plus rapide que l'air est plus dilaté; le *maximum* qui, pour la longueur de 1 kilomètre, est 0,35, devient 0,24 pour 5 kilomètres; le degré de dilatation est, en outre, limité par la longueur du tube : ce degré, pour une longueur de 5 kilomètres, ne peut guère dépasser

$0^{k}375$, qui correspond à une pression dynamique sur le piston de $0^{AT}625$;

5° Le système de traction de MM. Clegg et Samuda, comme tous les autres systèmes, exige une dépense qui croît avec la vitesse ;

6° Le système atmosphérique, agissant d'une manière intermittente et n'exerçant que des efforts assez faibles, exige une double voie plus impérieusement que les câbles ;

7° Lorsque l'on emploie les câbles pour transmettre des efforts à de grandes distances, l'effet utile décroît à mesure que la vitesse et la longueur augmentent, mais dans une proportion différente et qui est plus rapide pour la vitesse que pour la longueur.

L'effet utile dépend d'ailleurs du rapport que l'on établit entre la résistance produite par le poids des convois et les résistances passives du mode de transmission.

L'effet utile des machines des plans-inclinés de Liége, remorquant des convois ordinaires de 50 à 60 tonneaux, à la vitesse de 20 kilomètres, est de 0,68, et pour un parcours d'environ 2,000 mètres ; cet effet utile se réduirait à 0,558 pour une vitesse double, et à 0,636 pour une longueur double ;

8° Établissant le parallèle entre les câbles et le système atmosphérique, en rendant les conditions aussi égales que le permet la nature différente de ces deux modes de traction, nous trouvons que, pour desservir une distance de 5 kilomètres appartenant à une grande ligne à double voie, la force motrice pour le système atmosphérique est à celle qu'exige les câbles, dans le rapport :

de 100	à 27	pour des	vitesses de	20	kilomètres	à l'heure;
de 100	à 61	»	»	40	»	»
de 100	à 99	»	»	60	»	»

L'effet utile, dans le système atmosphérique, est à l'effet utile du système des câbles, dans le rapport :

de 100 à 274 pour des vitesses de 20 kilomètres à l'heure:
de 100 à 143 » » 40 » »
de 100 à 89 » » 60 » »

9° Les frais d'établissement des moteurs étant sensiblement, dans les deux systèmes, proportionnels à leur puissance, les câbles ont sur le nouveau système un avantage très-grand pour une faible vitesse, qui décroît à mesure qu'elle devient plus considérable, et l'égalité s'établit à la vitesse d'environ 60 kilomètres à l'heure.

Les frais d'établissement des tubes, comparés aux câbles et leurs poulies de support, présentent une différence considérable, qui ne s'élève pas à moins d'un $^1/_2$ million par lieue de 5 kilomètres ;

10° Les frais d'exploitation comprennent, de part et d'autre, le combustible ; puis, dans le système atmosphérique, les frais de graissage et de surveillance des tubes, l'entretien et le renouvellement des cuirs des pistons et clapets, et, pour le système des câbles, le graissage des poulies de support, l'entretien et le renouvellement des câbles.

Comparés sous le rapport de la dépense en combustible, les câbles présentent sur le système atmosphérique une économie d'autant plus grande que la vitesse sera moindre ; il y aura égalité lorsque la vitesse sera de 55 kilomètres à l'heure, et avantage en faveur du système atmosphérique pour des vitesses plus grandes ; quant aux autres chapitres de dépense, l'expérience ne permet pas encore d'établir un chiffre exact ; mais la différence en faveur de l'un ou de l'autre système, eu égard aux frais de surveillance des tubes, sera peu considérable ;

11° Sous le rapport de la sécurité, les câbles nous semblent offrir les mêmes avantages que le système atmosphérique.

Conclusion. — Dans l'état actuel de perfection des deux systèmes mis en parallèle, les câbles permettent d'obtenir les divers degrés de vitesse en usage, et que l'on ne peut

dépasser sans accroissement de dépense, avec la mêm
rité et des frais d'exploitation notablement inférieurs,
la vitesse est de 20 kilomètres à l'heure; égaux,
cette vitesse est de 55 kilomètres, et supérieurs au
cette limite; mais la différence favorable dans ce dern
est trop faible pour justifier l'excédant considérable de d
d'établissement qu'exige le système atmosphérique,
nous paraît, en conséquence, pas susceptible d'une util
cation au service ordinaire des chemins de fer.

Bruxelles, le 8 février 1845.

MINES.

MACHINE

POUR MONTER ET DESCENDRE LES OUVRIERS

DANS LES BURES.

L'exploitation des mines de houille n'ayant été pratiquée en Belgique, jusqu'à ces dernières années, qu'à des profondeurs de 300 à 400^m, en général, dans peu de houillères seulement à 500^m, et l'emploi des cuffats, pour descendre et remonter les ouvriers, ayant été toléré pour les bures les plus profondes, on n'avait pas encore senti la nécessité d'avoir un moyen de translation plus perfectionné que ceux qui existaient.

Il ne pouvait en être ainsi en Allemagne et en Angleterre, où beaucoup d'exploitations ont atteint des profondeurs de 500 à 700^m, et où la construction des puits, partiellement verticaux et partiellement inclinés, a rendu l'emploi des échelles une nécessité exclusive de tout autre moyen connu. Ce mode de translation étant fort pénible pour les ouvriers, absorbant inutilement une partie notable des forces qu'ils auraient données au travail, et réduisant considérablement le nombre de bras dont on aurait pu disposer pour des mines moins profondes, il devenait urgent de le remplacer.

Un ingénieur des mines du Hartz eut alors, il y a 13 ou 14 ans, l'idée d'employer, pour remonter les ouvriers dans les bures, deux maîtresses tiges animées de mouvements inverses et alternatifs, et garnies de marche-pieds et de poignées en fer, pour que l'ouvrier pût suivre leur mouvement et passer de l'une à l'autre.

Nous ne ferons pas la description détaillée de ces appareils nommés *fahrkunst*, dont le mémoire M. Delvaux de Fenffe inséré dans le tome IV des *Annales des travaux publics*, donne une connaissance complète; nous nous bornerons à dire, parce que cela sera nécessaire pour l'intelligence de quelques comparaisons que nous ferons ultérieurement, que les maîtresses tiges ou tirants de fahrkunst du Hartz sont entièrement en bois, ou en bois renfermant une corde en fil de fer, ou se composent de deux cordes en fil de fer raidies par des pièces de bois : des chaînes fixées à chaque tirant et passant sur des poulies, ou s'attachant à de petits balanciers placés dans la bure, servent à équilibrer les diverses parties de ces tirants, en cas de rupture : les maîtresses tiges sont suspendues, à leurs extrémités supérieures, par des axes, ou des pièces de fer en forme de couteaux, et posant sur des coussinets, à des croix ou à des leviers coudés, en charpente ou en fonte, reliés entre eux par une bielle placée soit au-dessus soit au-dessous des axes de rotation des leviers, et par le moyen de laquelle les tirants se font équilibre et se communiquent le mouvement que leur imprime une roue hydraulique ou une machine à vapeur : c'est au moment où la manivelle du moteur se trouve aux points morts, et place la bielle des tirants dans ses positions extrêmes, que le ralentissement de vitesse du mouvement permet à l'ouvrier de passer d'une maîtresse tige à l'autre.

Nous voyons dans le mémoire de M. Delvaux que la plus grande amplitude du mouvement de ces fahrkunst est de 1^m60, et qu'elles font de 5 à 7 mouvements complets par minute, ce qui produit une translation de 16 à 22^m par minute.

L'utilité incontestable de ces machines en fit répandre rapidement l'emploi dans les mines du Hartz et de la Bohême; mais ce ne fut que vers 1841 ou 1842, que l'on en eut, paraît-il, connaissance en Angleterre, que des applications en furent faites et leur assurèrent la prééminence sur des inventions ayant le même but.

Le mémoire publié sur ce sujet, en 1844, par M. le directeur du Musée, nous apprend que, à la même époque, M. Ponson, actuellement directeur de l'un des charbonnages du Centre, ayant fait un voyage dans le Hartz, en rapporta les dessins de l'une des fahrkunst, et les montra à plusieurs ingénieurs et industriels belges, et notamment à M. Lambert, conducteur des mines, qui en fit l'application, vers le commencement de 1844, au charbonnage du Bois de Boussu (bassin de Mons), en adaptant à la maîtresse tige d'une machine d'épuisement, quelques marche-pieds et des poignées en fer, par le moyen desquels des ouvriers auraient pu descendre ou monter, en suivant le mouvement du tirant, s'arrêter sur une plate-forme fixe, pendant le mouvement rétrograde, et se placer ensuite sur la maîtresse tige pour continuer à descendre ou à monter.

Cette tentative n'ayant été faite que pour une hauteur de quelques toises, n'eut pas d'autres suites.

Ainsi, pendant un laps de 6 à 8 ans, cette invention remarquable n'a été utilisée qu'en Allemagne : elle a été signalée alors en Angleterre, où quelques applications en ont été faites, et en Belgique, où elle est restée inconnue à la majeure partie des ingénieurs et des exploitants.

Un pareil résultat paraît d'abord surprenant; mais, en examinant avec attention la construction des fahrkunst et en se rendant compte de leur emploi, on comprend parfaitement l'indifférence qu'elles ont rencontrée en Belgique.

Le mineur connaît les dangers auxquels il s'expose en se confiant aux cuffats; mais l'habitude les lui fait presque oublier, et il préfère ce moyen de transport sans fatigue, à l'usage des échelles, qui épuisent ses forces, lui font perdre un temps précieux et présentent aussi quelques périls.

Or, les fahrkunst, au lieu de diminuer, accroissent certainement les dangers inhérents à l'emploi des échelles : il faut être assez robuste, pour se tenir sur ces marche-pieds étroits, sur lesquels le corps, placé en dehors des points d'appui,

n'est maintenu que par la force des bras, comme il le serait sur une échelle verticale; il faut être agile, pour passer d'une tige à l'autre, quelque lent que soit le mouvement dont elles sont animées; dans une situation pareille, un faux pas, un vertige, peuvent, comme l'a dit M. le directeur du Musée, dans son rapport sur l'appareil Warocqué, être une cause de mort, non-seulement pour un ouvrier, mais pour tous ceux qui sont au-dessous de lui : si la lumière de l'ouvrier s'éteint, sa position est fort périlleuse.

Ainsi, en se plaçant au point de vue des mineurs en Belgique, la fahrkunst se présente comme une innovation qui éloignerait des mines les ouvriers âgés, qui présenterait moins de dangers peut-être, mais plus de fatigue que les cuffats; moins de fatigue, mais plus de dangers que les échelles n'en présentent.

En se plaçant au point de vue des exploitants, cet appareil, dont le prix est assez élevé relativement aux services qu'il peut rendre, n'est nullement exempt des vices inhérents aux autres moyens en usage. Sa construction est telle que, si l'on donne aux tirants des proportions qui ne permettent pas d'en craindre la rupture, on doit redouter la prompte destruction des assemblages qui ont lieu par articulation, et la rupture même des leviers coudés chargés incessamment de poids considérables; si, pour la conservation des organes de la partie supérieure, on réduit autant que possible les dimensions des tirants, on doit alors redouter leur rapide destruction. On peut, sans doute, lorsque l'appareil est neuf, confier la vie des hommes à la solidité de perches de sapin de 30 ou 40 ans, ou à celles de cordes en fil de fer employées seules, ou comme moyen d'accroître la force des pièces de sapin dans lesquelles on les place; mais quel est l'exploitant auquel elles pourraient inspirer quelque sécurité, après quelques années de service?

Enfin le moteur présente, comme toutes les machines d'extraction, l'inconvénient de l'emploi des engrenages, qui peuvent se rompre à l'improviste.

Par suite de ces considérations, ou de considérations analogues, aucun des ingénieurs ou exploitants de Belgique, qui connaissaient les fahrkunst, n'avait donc cru devoir en conseiller ou en faire l'application, lorsque M. Warocqué, comprenant la nécessité d'appliquer à sa bure de la Réunion, dont les travaux doivent être établis à la profondeur de 330^{m}, un moyen de transport rapide et présentant toute la sécurité désirable, eut l'idée de construire la machine dont vous nous avez invités à rendre compte.

Quoique l'appareil Warocqué ait été décrit dans plusieurs ouvrages scientifiques, lorsqu'il n'était encore qu'à l'état de projet, et que sa construction ne présente pas de différences essentielles avec le modèle, nous en ferons ici une description nouvelle, pour donner les dimensions et poids d'une partie des pièces qui le composent, en indiquer le but, et répondre, par quelques faits, à des objections élevées, il est vrai avant toute expérience, par des hommes dont le mérite incontestable donne une grande importance à leurs critiques.

L'appareil Warocqué se compose de trois parties qui sont :

1° Les maîtresses tiges, servant de moyen de transport;

2° Le balancier hydraulique, qui est un support et une transmission de mouvement;

3° Le moteur.

Les maîtresses tiges sont formées de pièces de sapin du nord, chacune de 12 à 20^{m} de longueur, qui ont 0^{m}16 d'équarissage. Ces pièces sont assemblées entre elles à trait de Jupiter, et chaque jonction est consolidée par deux bandes de fer ayant 3^{m}85 de longueur, 0^{m}09 de largeur et 0^{m}012 d'épaisseur, traversées par des boulons de 0^{m}017 de diamètre.

La fosse sur laquelle l'appareil est établi a 212^{m} de profondeur; chaque tige représente donc 5^{m3}427 et pèse environ 3,550 kilog.

Les bandes de fer de consolidation, avec leurs boulons, pèsent à peu près 1,350 kilog.

Sur chaque tige, et de 6 en 6^{m}, sont disposées des plates-

formes, solidement supportées par 4 pièces de bois croisées deux à deux à angle droit, qui embrassent la maîtresse tige. L'une de ces tiges porte 35 plates-formes et l'autre en porte 36.

Pour la conservation de leur plancher et pour empêcher que l'on ne glisse, ces plates-formes sont recouvertes de feuilles de tôle hérissées d'aspérités; la partie antérieure est articulée à charnière, afin que si, dans le mouvement ou au point de rencontre des plates-formes, un ouvrier placé trop en avant était atteint, à la tête ou aux pieds, par la plate-forme descendante, la partie antérieure de cette plate-forme puisse se relever et qu'il ne soit pas blessé.

Les plates-formes sont entourées d'une balustrade en fer, et laissent entre elles et le muraillement un intervalle de 0^m10 environ, pour que l'on ne soit pas en contact avec la muraille et pour laisser un passage suffisant à la circulation de l'air.

Les plates-formes d'une des tiges sont échancrées, entre une maîtresse tige et la muraille, afin que, si l'appareil s'arrête, les ouvriers puissent monter ou descendre sur des échelles placées verticalement contre le muraillement, en passant dans cette échancrure. Si, par suite d'un accident, la machine devait cesser de fonctionner pour un laps de temps trop considérable, le machiniste peut, par le moyen du balancier hydraulique, disposer les tirants de telle sorte que les plates-formes se correspondent, et que les ouvriers qui se trouvent du côté opposé aux échelles puissent passer sur les plates-formes échancrées, et achever le trajet sur les échelles.

Quelques tringles en fer placées verticalement, en avant des tirants et entre eux, forment balustrade et divisent chaque plate-forme en deux parties, dont l'une est destinée aux ouvriers qui montent et l'autre à ceux qui descendent; enfin des poignées en fer sont fixées aux tirants et à hauteur d'homme.

On voit donc que l'emploi de l'appareil Warocqué ne présente aucun danger : dans l'obscurité même, l'ouvrier peut

descendre ou monter, en saisissant la poignée ou la balustrade qui se présentent devant lui au moment où le mouvement s'arrête.

Un ouvrier indisposé subitement peut s'asseoir sur la plate-forme, qui le préserve de toutes parts ; si, en passant d'une plate-forme à l'autre, l'ouvrier fait un faux pas, il ne peut tomber que sur la plate-forme voisine qui lui présente plusieurs points d'appui. Ces dispositions sont donc bien mieux entendues que celles des fahrkunst.

Le poids d'une plate-forme est, à peu près, de 90 kilog.

Au-dessous de chacune d'elles, et à l'extrémité inférieure de leur course, sont placées des pièces de bois de chêne scellées dans les parois de la bure, et qui servent à la fois de guides pour les maîtresses tiges et de supports pour les plates-formes ; cinq couples de consoles en fonte, fixées dans la maçonnerie, à égales distances, du côté opposé aux échelles, et reposant sur les bois de guides et de supports, reçoivent à leur extrémité cinq poulies qui ont un double but : celui d'empêcher que la rupture des tiges n'ait des conséquences fâcheuses, et celui de diminuer, si on le juge convenable, la pression, dans le balancier hydraulique, résultant du poids de l'attirail.

Sur ces poulies reposent des chaînes dont les extrémités sont attachées à chaque tirant, et qui sont tendues par des vis dont les écrous ne peuvent se desserrer. Si l'une des tiges se brise, ses deux parties étant contre-balancées par le poids de l'autre tige, ne peuvent pas même se séparer : dans le cas seulement où les deux tiges se briseraient, la partie la plus pesante tomberait en vertu de son excès de poids, et la hauteur de chute ne pourrait excéder 3^m. Mais un accident de ce genre est bien improbable ; il faut, pour en admettre la possibilité, supposer un manque complet de surveillance de la part des employés et des ouvriers, dont l'existence dépend du bon état d'entretien de l'appareil ; la facilité avec laquelle on peut, à l'aide des plates-formes, s'assurer de l'état

des bois, est une garantie que l'on n'a pas pour les fahrkunst.

La force de chaque console est calculée de telle sorte que, étant enfoncée d'un mètre dans la maçonnerie, elle puisse supporter le quart du poids total des deux tirants, et comme chaque console repose à son extrémité sur les bois de retenue, chacune d'elles pourrait supporter le poids total de l'attirail.

On pourrait, en serrant les vis de tension des chaînes, faire supporter ce poids sur les poulies et les consoles ; mais il vaut mieux que ce soit le balancier hydraulique qui supporte tout l'effort, qu'il serait fort difficile de répartir exactement sur les poulies, et réserver la force de chaînes et des consoles pour le cas de rupture des maîtresses tiges.

Deux fortes bandes de fer, dont la partie supérieure présente un renflement, sont fixées à la tête de chaque maîtresse tige, et reçoivent les tourillons d'une crosse en fer, laquelle est traversée par la tige de l'un des pistons du balancier hydraulique. Ce mode de suspension n'a d'autre but que de permettre de monter facilement les tirants verticalement et dans le prolongement de la tige de piston, car il ne peut y avoir dans cette articulation aucun mouvement de rotation.

Le balancier hydraulique se compose de deux cylindres, ayant une hauteur de 3m50 environ et 0m50 de diamètre intérieur, boulonnés sur un soubassement creux qui les met en communication l'un avec l'autre : tout le système placé sur la bure, repose sur deux sommiers en fonte.

Dans les cylindres, se meuvent des pistons dont les tiges traversent le fond du soubassement, dans des boîtes à bourrage garnies avec du chanvre ; mais ces boîtes ont une position inverse de celle qu'on leur donne habituellement : c'est la partie mobile qui renferme le bourrage, et la pièce qui le comprime est fixée au soubassement. Cette disposition qui est, croyons-nous, toute nouvelle, donne au machiniste une grande facilité pour tourner le bourrage autour de la tige.

dans la boîte qu'il fait descendre le long de cette tige, et qu'il remonte ensuite au moyen des boulons placés à la partie fixe.

Deux robinets sont attachés au soubassement : l'un sert à l'admission et l'autre à la sortie de l'eau.

Au moyen d'une pompe foulante, qu'active une petite machine avec laquelle on alimente à la fois le réservoir à eau chaude et la chaudière, on remplit d'eau le soubassement et les cylindres, jusqu'à ce que les pistons soient au milieu de leur course, ou jusqu'à ce que l'un étant à la partie inférieure de sa course, l'autre soit soulevé à la partie supérieure de la sienne : alors on remplit d'eau les cylindres au-dessus des pistons; les cylindres étant surmontés par un réservoir qui les met en communication l'un avec l'autre à leur partie supérieure, si l'un des pistons s'abaisse par l'action du moteur, il transmet son mouvement, par l'intermédiaire de l'eau qui est entre eux et au-dessous d'eux, à l'autre piston, qui alors s'élève : si le moteur soulève le piston qui lui correspond, l'autre piston descend par l'action du poids qui le sollicite : les deux pistons parcourent exactement la même distance, et celui qui s'élève soulève l'eau qui est au-dessus de lui et la déverse sur le piston qui s'abaisse, de telle sorte que les sommes des volumes d'eau, au-dessus et au-dessous des pistons, sont toujours égales, qu'il y a équilibre dans toutes les positions des pistons, et par conséquent des maîtresses tiges.

Le travail du moteur doit donc vaincre les frottements de trois pistons, de leurs tiges dans les boîtes à bourrage, du mécanisme pour l'admission de la vapeur et soulever le poids des hommes que l'on doit faire monter, ou la différence des poids des hommes qui montent et de ceux qui descendent simultanément ; il y a donc évidemment peu de forces perdues, et ces forces perdues, qui se réduisent aux frottements que nous venons d'indiquer, constituent tout le travail que la machine doit faire lorsque l'on fait monter et descendre à la fois le même nombre d'ouvriers.

Le moteur est une machine à vapeur à haute pression, à traction directe et à double effet, consistant seulement en un cylindre à vapeur, placé à un mètre à peu près au-dessus de l'un des cylindres du balancier hydraulique, et son mouvement; l'admission de la vapeur est réglée par deux *cataractes*, qui présentent au machiniste le moyen d'augmenter ou de diminuer la durée des temps d'arrêt à volonté, pendant la marche de la machine, et, on peut le dire, instantanément.

La société des ateliers de construction de Haine-St.-Pierre, à laquelle M. Warocqué a confié la construction de son appareil, ayant dû faire toutes les dépenses qu'entraîne avec soi l'établissement d'une machine d'un système nouveau, et ayant certainement acquis quelques droits à profiter de l'invention par la manière dont elle a mis à exécution l'idée de l'inventeur, des motifs de convenance nous prescrivent de limiter à ces indications la description du moteur, dont le mécanisme, d'une simplicité remarquable, exécute ses mouvements avec une précision qui ne laisse rien à desirer.

Tous les principaux organes de cette ingénieuse machine agissent, comme on le voit, de la manière la plus favorable à la force des matériaux, c'est-à-dire dans le sens de la traction directe. Une seule pièce agit en tirant et en poussant alternativement, c'est la tige du piston à vapeur; mais il n'y a pas, en cela, plus d'inconvénient qu'il n'y en a pour toute machine à vapeur; il y en a même moins, parce que la tige est maintenue constamment à une température inférieure à celle de la vapeur, par son immersion dans l'eau du balancier hydraulique: elle est donc moins exposée qu'une tige de piston ordinaire à se déformer lorsqu'elle agit en foulant.

Quant au mode de suspension des maîtresses tiges et de transmission de mouvement de l'une à l'autre, il nous paraît être bien supérieur *aux croix, leviers coudés,* ou aux *têtes-de-cheval*, en usage en Angleterre et en Allemagne. Dans les fahrkunst, ces pièces agissent par articula-

tion, par traction et quelquefois même par compression (ce qui est très-vicieux), sur la bielle qui les relie, et qui supporte le poids entier des deux maîtresses tiges et des hommes qui montent et qui descendent, poids considérable, qui tend évidemment, par les mouvements de rotation et les efforts latéraux, à détruire les assemblages, et même les principaux organes : aussi les constructeurs ont-ils dû employer tous les moyens possibles pour diminuer le poids des tirants : les uns ont employé des sapins de faibles dimensions, les autres ont employé des cordes en fil de fer, seules ou avec des tirants en bois, moyen dangereux à cause de l'inégalité d'action du bois et du fer, et parce que l'on ne peut s'assurer de l'état, à l'intérieur, des cordes en fil de fer, qui s'oxident et se détruisent sans que l'on s'en aperçoive.

Dans l'appareil Warocqué, la question de poids pour les tirants est presque insignifiante : deux tirants pesant chacun 40,000 kil. ne produiraient, sur un piston de 1^m de diamètre, qu'une pression de 5 atmosphères, et l'on sait, par l'expérience acquise, par la marche des machines à vapeur ayant ces dimensions et cette charge, que ces conditions présentent toute la sécurité desirable.

Nous ne pouvons donc, en conséquence des considérations qui précèdent, partager l'opinion émise par M. l'ingénieur en chef des mines Ch. Combes, dans son excellent traité de l'exploitation des mines, ouvrage qui, malheureusement, a été imprimé avant la mise en activité de l'appareil Warocqué. Nous pensons que l'emploi, qu'il paraît conseiller, de deux cylindres à vapeur, dans le but de ne faire agir que par traction les tiges des pistons à vapeur, serait une cause de dépense inutile ; nous pensons aussi que, dans le mécanisme de l'appareil Warocqué, on a, mieux que M. Combes ne le propose, tiré parti des ressources que présente la compression de la vapeur qui s'échappe, pour diminuer la vitesse de descente des tiges, lorsque le poids des hommes tend à l'accélérer.

Lorsque nous avons examiné l'appareil Warocqué, la machine faisait, par minute, 12 mouvements simples, comprenant 11 temps d'arrêt : le temps d'arrêt, compté avec une montre à secondes, était de 3 à 4 secondes ; la vitesse des plates-formes était donc en moyenne de $1^{m}67$ par seconde, et la translation de 36 mètres par minute, au total. Plusieurs personnes, qui se plaçaient sur les plates-formes pour la première fois, n'ont pas même fait attention à cette vitesse, qui peut paraître fort grande ; le temps d'arrêt était tellement prononcé qu'une de ces personnes a pu passer deux fois d'une plate-forme à l'autre ; le mouvement si vif de translation cessait instantanément, sans transition, et cependant sans faire éprouver ni choc, même le plus faible, ni une sensation pénible quelconque.

Évidemment on peut employer l'appareil Warocqué d'une manière suivie, en lui faisant faire 14 demi-mouvements par minute, avec 14 temps d'arrêt de 2 secondes chacun, ce qui n'exigerait qu'une vitesse de $1^{m}31$ par seconde, au piston à vapeur ; la translation serait alors de 42 mètres par minute. On nous a même assuré que des ouvriers sont montés lorsque la machine faisait 18 demi-mouvements, ce qui donnait une translation de 54 mètres par minute. Ce fait n'est pas extraordinaire, puisque, en admettant que chaque temps d'arrêt fût de $1\frac{1}{3}$ seconde, la vitesse n'était que de $1^{m}50$ par seconde ; nous croyons donc qu'à l'avenir, lorsque les machinistes auront acquis l'habitude de régler *les cataractes*, et que les ouvriers mineurs seront familiarisés avec l'emploi de l'appareil Warocqué, on fera marcher souvent, sinon habituellement, cet appareil avec une vitesse de 16 ou 18 demi-mouvements par minute. On se contente actuellement de lui faire faire de 12 à 14 demi-mouvements, ce qui donne un résultat utile double de celui qu'on attendait, les premiers calculs ayant été basés sur une vitesse de $0^{m}50$ par seconde, et double aussi de celui que l'on obtient des fahrkunst.

Le savant ingénieur dont nous avons cité l'ouvrage, pense que l'emploi du balancier hydraulique peut présenter des inconvénients, tels que les pertes d'eau, et que l'on pourrait peut-être le remplacer par un autre mode de liaison des tirants à leur partie supérieure : par exemple, dit-il, il serait possible de relier les extrémités des tiges des pistons des machines à vapeur par un fort câble plat, ou une chaîne articulée se pliant sur une poulie supérieure, en même temps que l'on établirait, en dessous des cylindres, une roue dentée engrenant avec deux crémaillères appliquées sur les faces internes de l'un et de l'autre tirant ; ou bien, on unirait ces deux tirants par un câble plat, passant sous une poulie placée entre eux, de manière que l'un des tirants ne pût monter sans que l'autre fût sollicité à descendre.

Nous avons pu reconnaître que les boites à bourrage du balancier hydraulique ne laissent pas sortir une quantité d'eau appréciable à la vue, et quelques coups de piston de la pompe foulante suffisent pour compenser les pertes qui peuvent avoir lieu en une heure de temps : on conçoit, en effet, qu'il est au moins aussi facile de contenir l'eau que de contenir la vapeur, qui a le grand inconvénient de consumer les tresses des bourrages.

Les cylindres du balancier hydraulique ayant 0^{m}50 de diamètre, ce qui donne une section de 1962 centimètres carrés, et le poids d'une tige complète étant :

1° Tirant de 212^{m}.	3,550^{k}
2° Ferrements.	1,350
3° 36 plates-formes	3,240
4° Patins de retenue, tige, piston, etc.	1,860
Soit à peu près.	10,000^{k},

la pression par centimètre carré est de 5 atmosphères environ, pression en usage pour beaucoup de machines à vapeur : si on suppose que, par suite d'un sinistre, on soit

obligé de faire monter à la fois 72 ouvriers (deux hommes par plate-forme), pesant 5,000 kilogrammes, la pression ne sera encore que de 7 $^1/_2$ atmosphères; or, les pompes foulantes des machines d'épuisement font souvent éprouver à leurs bourrages des pressions plus considérables, et il sera facile de doubler la force des bourrages de l'appareil Warocqué.

Quant au remplacement du balancier hydraulique par une poulie et des chaînes soutenant les maîtresses tiges, nous pensons que ce serait faire un pas rétrograde, que d'adopter un moyen qui existe comme auxilaire dans l'appareil Warocqué et dans les appareils allemands. En effet, des chaînes ne peuvent, à cause de l'extension inégale de leurs mailles, présenter une sécurité suffisante pour un service journalier, lorsqu'il s'agit de supporter un poids permanent de 20 à 60,000 kil., poids que pourront atteindre les tiges pour une profondeur de 5 à 600 mètres.

Si l'on emploie des chaînes articulées, leurs boulons ne résisteraient pas au mouvement alternatif d'enroulement et de déroulement sur une poulie d'un petit diamètre : ces chaînes ne font bon service que lorsqu'elles s'enveloppent sur un arc de cercle d'un grand rayon, et ce sont précisément ces considérations qui ont déterminé M. Warocqué à rejeter l'emploi des chaînes et des poulies, comme moyen de support unique et permanent, et à ne les employer que pour prévenir les accidents.

Quant à l'application d'une roue dentée agissant entre les maîtresses tiges, et engrenant avec deux crémaillères appliquées sur leur face interne, nous pensons qu'elle ne serait d'aucune utilité pour régulariser le mouvement des tiges, parce que le poids d'un tirant suffit amplement pour vaincre les résistances et le faire descendre, lorsque l'on soulève celui qui lui fait équilibre. Comme moyen de sûreté, ce système d'une roue fonctionnant entre deux crémaillères, a été employé en Allemagne, et il est décrit dans le mémoire de M. Delvaux. Nous pensons qu'il faut toujours éviter d'em-

ployer des engrenages dans les appareils de sûreté, parce qu'il suffit qu'un corps dur quelconque se place entre les dents, pour qu'elles soient brisées et que l'appareil soit mis hors de service. Il est toujours dangereux d'employer la fonte, lorsqu'elle peut être soumise à un choc quelconque, et tel est ici le cas.

L'appareil Warocqué a été soumis à plusieurs essais, dont nous n'avons pas été témoins, mais dont l'exactitude ne peut être mise en doute : on a fait descendre jusqu'à vingt ouvriers à la fois, et, avec les moyens qui existent, on a réglé convenablement la marche de la machine. Lorsque vingt-cinq ouvriers se sont placés sur les plates-formes, leur passage des unes aux autres a déterminé la suppression du temps d'arrêt, mais sans inconvénient, la compression de la vapeur à l'échappement empêchant les tirants de descendre trop vivement. On a fait descendre alors trente-huit hommes et un jeune ouvrier, pesant ensemble 2,811 kilog. : le mouvement a été déterminé alors uniquement par le poids des hommes, sans aucun temps d'arrêt, malgré la compression de la vapeur.

L'ascension de ces ouvriers dépendait uniquement de la force de la vapeur dont on pouvait disposer ; or, cette machine d'essai n'étant activée que par une chaudière de vingt chevaux de force, qui aurait été bien suffisante si, comme on le pensait dans l'origine, la vitesse de la machine ne devait être que de 0^{m}50 par seconde, on ne pouvait s'attendre à remonter les trente-neuf ouvriers avec la vitesse employée pour les descendre : l'ascension a été cependant très-facile, les temps d'arrêt ont été bien observés, mais la vitesse n'a été que d'environ 0^{m}50 par seconde.

Avec une charge de vingt hommes, la machine avait marché avec la même vitesse et la même régularité dans les temps d'arrêt, tant en montant qu'en descendant.

L'appareil Warocqué n'a donc besoin, pour satisfaire complétement à sa destination, que d'être pourvu d'un frein

pour la descente des ouvriers, comme cela avait été arrêté lorsqu'il n'était qu'à l'état de projet. Si ce frein n'est pas encore placé, c'est, nous a-t-on dit, qu'il était utile de voir d'abord jusqu'à quel point il pouvait être nécessaire, d'obtenir des résultats d'expérience pour estimer sa force, et enfin d'étudier la marche de la machine pour trouver le frein le plus convenable : beaucoup de moyens existent, mais nous ne connaissons pas celui que choisira le constructeur.

Nous terminerons cette notice par quelques calculs, qui permettront d'apprécier les services que rendra l'appareil Warocqué.

Supposons qu'une bure ait une profondeur de 504 mètres et qu'elle occupe 133 ouvriers, travaillant simultanément ; la vitesse du cuffat, pour monter ou descendre les ouvriers, étant généralement de 1^m par seconde, le temps pour entrer et sortir du cuffat étant, à peu près, de cinq minutes, on voit qu'il faudra :

1° Pour le parcours de chaque cuffat. . . 504 secondes;
2° Pour entrer et sortir du cuffat, 5 minutes ou 300 secondes;
Au total 804 secondes;

et pour les 19 cuffats, portant chacun sept ouvriers, il faudra 15,276 secondes, ou $4\frac{1}{4}$ heures; après 8 heures de travail, on devra remonter ces ouvriers pour les remplacer, et on devra perdre encore $4\frac{1}{4}$ heures : pendant que l'on monte les ouvriers, on ne monte pas de charbon; pendant qu'on les descend, on diminue la charge des cuffats; les visites des employés occasionnent de nouvelles pertes de temps pour l'extraction : on peut donc dire que, à cette profondeur, on perd 10 heures sur 24, par le mode employé pour descendre et monter le personnel. Admettons que l'on ne perde que 8 heures, ce qui est au-dessous de la réalité, et il devient évident que deux fosses, desservies par un appareil Warocqué, produiraient autant que trois fosses, dans lesquelles on emploierait les cuffats pour monter ou descendre les ouvriers :

on gagnerait donc le tiers des intérêts et frais généraux. Si l'on tient compte, en outre, de deux circonstances, l'une relative à l'économie que l'on ferait sur les cordes, que l'on pourrait user plus complétement si on ne les employait qu'à l'extraction, l'autre relative à la main-d'œuvre, qui serait susceptible de réduction lorsque l'ouvrier éprouvera moins de fatigue et perdra moins de temps, on reconnaîtra que la dépense d'un appareil Warocqué pourra, dans quelques charbonnages, être couverte en une année ou deux au plus.

Un appareil de ce genre aura 84 plates-formes sur chaque tige, pour une profondeur de 504 mètres, à raison de 14 demi-mouvements par minute; il faudra 12 minutes pour descendre ou monter, et, en supposant que, pour éviter l'accélération du mouvement, on ne laisse descendre que vingt-et-un hommes à la fois, et que les suivants ne commencent à descendre que 12 minutes après le départ des premiers, et ainsi de suite, pour qu'il n'y ait jamais que vingt-et-un hommes sur les plates-formes, les 133 hommes pourront descendre en 1 $\frac{1}{4}$ heure : si, au moyen du frein, on peut faire descendre les ouvriers en grand nombre, sans accélération de mouvement (et nous ne croyons pas que le doute soit possible), les 133 hommes pourront être descendus en 31 minutes : dès à présent, il est certain qu'ils pourront remonter dans ce laps de temps, le travail pour remonter n'étant, comme nous l'avons dit, qu'une question qui dépend uniquement de la force des chaudières et du cylindre à vapeur. Ce point est des plus importants, puisqu'avec l'appareil Warocqué on pourra, en cas de sinistre, faire monter deux ouvriers à la fois par plate-forme, et par conséquent, en continuant à nous servir du même exemple, faire remonter 133 hommes de 504^{m} de profondeur, en 16 minutes, ce qui exigerait près de 1^{h}30′ avec la meilleure des fahrkunst qui existent, et près de 3 heures avec les cuffats, en admettant même que, dans un sinistre, on fasse monter jusqu'à dix hommes à la fois par chaque cuffat.

Il nous paraît donc certain que l'appareil Warocqué est d
beaucoup supérieur à tous les appareils de ce genre qui on
été construits ou projetés jusqu'à ce jour; qu'il satisfai
entièrement au but proposé, de descendre ou de monter le
ouvriers dans les bures, sans danger, sans fatigue, et ave
la plus grande rapidité possible; nous croyons donc que l
plus bel avenir est réservé à cette invention, et qu'elle doi
mériter à son auteur, dont elle conservera le nom, la recon
naissance des exploitants et des ouvriers mineurs.

RIVIÈRES.

L'OURTHE (1).

I.

DESCRIPTION.

COURS DE L'OURTHE : SA VALLÉE, SA PENTE ET SON PRODUIT. — VARIATIONS DES EAUX. — PONTS.

§ 1. — *Cours de l'Ourthe.*

Sur un plateau élevé, entre le village d'Ourthe et le hameau de Deifeld (pl. I), saillit une source abondante dont les eaux se réunissent plus bas, à dix kilomètres environ au-dessous de Houffalize, à celles d'une autre source située près de Remagne, au sud-est de S[t]-Hubert. Cette réunion donne naissance à l'Ourthe, rivière déjà utile à son origine et flottable jusqu'à La Roche.

(1) Dans une suite de rapports qui contiennent, avec le détail des études et des essais ordonnés par le département des travaux publics pour l'amélioration de la Meuse, les résultats obtenus, l'indication du système à suivre et l'exposé des avantages qu'en retirerait notre commerce, j'ai tâché de réunir les renseignements les plus propres à donner une idée exacte du fleuve et des besoins de la navigation; j'ai rassemblé des pièces diverses, faisant connaître les unes en substance, donnant les autres en entier, selon l'importance qu'elles me paraissaient avoir, et je n'ai rien négligé pour recueillir les documents qui concernent l'état ancien et successif d'une voie de communication si féconde. Avant de former des projets pour les fleuves et rivières, il

Jusque-là, depuis le point de jonction des deux Ourthes la rivière coule dans une vallée profonde, encaissée, étroite resserrée entre des rochers schisteux presque à pic, décou pés par intervalle et s'abaissant jusqu'à former des vallons escarpés, il est vrai, mais le long desquels descendent un multitude de ruisseaux. Ces ruisseaux, qui proviennent de plateaux voisins, et dont le plus considérable, le ruisseau d la Mer, se jette dans l'Ourthe à Maboge, à quelques kilomè tres au-dessus de la ville, viennent grossir sensiblement le

est bon de se bien pénétrer des faits antérieurs : l'histoire du passé est un source d'instruction que rien ne supplée, et l'ingénieur y puise d'utiles ense gnements.

Mes études à cet égard ont été aussi complètes qu'il m'a été possible ; ell l'ont été également en ce qui touche l'amélioration de la Meuse.

Mais la navigation de la Meuse n'est point isolée et ne saurait l'être.

Elle doit être considérée dans nos relations avec le dehors et dans nos r lations intérieures.

Au dehors, nous sommes en contact avec la France et avec les Pays-Bas.

La France perfectionne la Haute-Meuse, qui ne présentera bientôt plus d difficulté entre Sedan, Charleville et Givet.

Elle fait plus encore. Par le canal des Ardennes, elle a joint la Meuse l'Aisne, à l'Oise et à la Seine, et des études assez avancées préparent la jon tion du même fleuve au Rhin et au Rhône, par sa canalisation depuis Verdu jusqu'au canal de Monsieur.

A Maestricht, nous trouvons le canal de Bois-le-Duc.

Ainsi à nos deux frontières s'offre une navigation perfectionnée, qui exi que le mouillage soit immédiatement porté à 1^{m}50 en amont de Liége, 1^{m}70 en aval.

A l'intérieur, la Meuse est susceptible, par ses affluents, d'être mise e communication avec toutes nos provinces, et de mettre toutes nos provinc en relation entre elles. C'est un point assez important, qui demande de no velles recherches et une étude spéciale. Son importance s'accroît de situation actuelle de notre commerce, resserré par les prohibitions extérieure et de celle de notre industrie, si restreinte dans ses débouchés, qu'elle e presque réduite, par un cercle de douanes, à la consommation du dedan

Les deux principaux affluents de la Meuse sont la Sambre et l'Ourthe.

La Sambre est canalisée. Peut-être les études ont-elles été trop rapide et, si elles eussent été moins brusques, que l'on se fût moins hâté, un sy tème différent de celui qui a été suivi eût peut-être prévalu.

L'Ourthe est encore un sujet de recherches et de tâtonnements.

Je me suis appliqué à faire pour cette rivière ce que j'avais fait pour l Meuse, dont plusieurs affluents requièrent le même travail. Si j'ai réussi éclaircir quelque peu la question difficile de son amélioration, j'aurai attei le seul but que je pusse me proposer :

Est quadam prodire tenus, si non datur ultra.

eaux de la rivière; coulant sur un fond de roche, ils éprouvent peu de pertes dans leur cours à travers les bois, et les ardeurs de l'été, même dans les parties les plus élevées du plateau, ne les font jamais tarir.

Des deux Ourthes à La Roche, sur une longueur développée de 18,720^{m}47, la chute totale est de 49^{m}10, ou de 0^{m}0026 par mètre; la largeur moyenne est de 20 à 25^{m}, et le produit de 8^{m3}.

Les deux rives sont reliées dans la ville par un pont fort délabré, dont chaque hiver emporte une partie, mais qui sera bientôt remplacé par un pont suspendu.

En aucun point peut-être de la vallée de l'Ourthe un pont n'est plus essentiel.

Si La Roche n'a qu'une faible population, quatorze à quinze cents habitants tout au plus, son état est cependant prospère, et c'est à l'Ourthe qu'elle le doit. Elle est le point extrême de la navigation de cette rivière, par laquelle elle reçoit tous les produits de la vallée de la Meuse nécessaires à sa consommation et à celle d'une grande partie du Luxembourg. En relation par la rive gauche avec Bastogne, Arlon, St-Hubert et Marche, au moyen de routes dont elle est le centre, elle communique par la rive droite avec Grandmesnil, Vielsalm et Stavelot, et des routes nouvelles, en cours d'exécution, vont encore rendre ces communications plus faciles [1].

L'Ourthe sort de La Roche par un circuit en sens inverse de celui par lequel elle arrive, en contournant le rocher qui servait de base à l'ancien château, aujourd'hui en ruine, et continue son cours sinueux dans la faille schisteuse qui

[1] « Les rois de France de la seconde race allaient passer la belle saison dans cette ville, pour prendre le divertissement de la chasse aux environs. Ceux du pays y montrent une grosse pierre faite en forme de siége, et disent que c'était là que le roi Pepin rendait la justice à ses sujets : ils l'appellent encore aujourd'hui la *Chaise de Pepin*. Le comté de La Roche est partagé en quatre mayeuries, dont chacune est composée de treize villages. » *Grand Dictionnaire historique*, etc. ; par MORÉRI, 1740.

forme son lit. Toujours étroite et peu élevée au-dessus des eaux, dont les moindres crues recouvrent et fécondent les deux rives, la vallée s'élargit cependant à Jupille. Peu après le coude que, par un brusque ressaut sur la gauche, elle fait en cet endroit, les montagnes de la rive droite s'abaissent, sans que celles du côté opposé perdent rien de leur élévation, et c'est sur un coteau des plus fertiles qu'est le village de Marcourt. L'élargissement se soutient quelque temps encore; seulement les montagnes se relèvent sur la droite, à Bardonwez, et s'inclinent sur la gauche, au droit du même village, à Rendeux-Haut, jusqu'au-dessus de Rendeux-Bas. Là, quoique l'on soit encore dans la zone schisteuse, on croirait avoir quitté l'Ardenne, à l'aspect des constructions dont l'œil est égayé : les maisons ne sont plus en terre et en bois, mais en moellons, et l'on s'aperçoit que le calcaire n'est pas loin. On le rencontre, en effet, à quelque mille mètres plus bas, à Hampteau, où la vallée n'est plus qu'une gorge entre les rochers des deux rives; mais la vue de ces rochers, leur forme, leur couleur et les fours à chaux en activité sur leurs bords, tout indique assez qu'on a quitté le schiste.

La gorge de Hampteau est peu étendue : elle se termine à Hotton.

Dans ce parcours de 18,128^{m}, l'Ourthe se grossit de nombreux ruisseaux, des ruisseaux de Bronce, de Proyen, de Queue-de-Vache, de Rendeux, de Hampteau et de beaucoup d'autres, qui ne fournissent pas tous de l'eau en toute saison; plusieurs de ceux qui entretiennent les hautes eaux et les eaux moyennes, sont à sec durant l'été.

La largeur ne varie guère depuis La Roche : elle est moyennement de 25 à 30^{m}.

La pente totale, à partir de ce dernier point, est de 41^{m}90, ou de 0^{m}0025 par mètre, et le volume d'eau de 10^{m3}.

Hotton est dans une situation favorable sous tous les rap-

ports, en particulier pour le commerce de l'Ourthe. Ce village, à l'entrée d'une belle vallée, est à deux lieues de Marche par une route en bon état d'entretien; il en a une sur Barvaux, et il est question de le joindre à la route de Liége vers Bastogne, par Aywaille, au moyen d'un embranchement sur Manhay, commune de Grandmesnil. Situées sur l'une et l'autre rive, les deux parties dont il se compose sont réunies par un pont en pierre.

Tant que l'Ourthe roule ses eaux entre les schistes dont le sol est tapissé dans la partie supérieure de son cours, elle est très-encaissée, bordée de montagnes abruptes, la plupart inaccessibles par la vallée; mais, dès qu'elle a atteint le terrain calcaire, le bassin s'évase et ses deux rives offrent des pentes douces et fertiles.

Ainsi, presque fermée à Hampteau, la vallée s'ouvre à Hotton, premier des beaux villages qui occupent les coteaux d'une des plus riches plaines, où l'Ourthe serpente au pied de collines, longues, couchées, dont le penchant se prête à une grande variété de culture : Hotton, Melreux, Monville, Fronville, Deulin et Grand-Han sont, pour ainsi dire, les uns sur les autres.

A Grand-Han, les deux versants opposés se relèvent et se rapprochent; ils s'écartent de nouveau à Petit-Han, et l'abaissement de la rive gauche élargit la vallée, qui se rétrécit encore à Durbuy, où, de part et d'autre, les montagnes se présentent à pic du côté de la rivière.

Sur un développement de 18,986^{m} depuis Hotton, la pente est de 26^{m}95, ou de 0^{m}0014, c'est-à-dire moindre de moitié que dans l'intervalle de La Roche à Hotton.

Sa largeur, toujours à peu près la même, est de 30 à 35^{m}; mais son volume s'est augmenté du produit d'une quantité de ruisseaux, indépendamment de ce que lui fournit la Marchette, qu'elle reçoit à Deulin, et dont, au dire de quelques personnes du pays, les eaux filtrant au travers des rochers, alimentent le ruisseau de Hampteau.

On évalue à 11^{ms} le produit de l'Ourthe à Durbuy (1).

Cette petite ville, d'environ trois cents habitants, n'a pas, avec l'intérieur des terres, des relations aussi nombreuses, aussi faciles que La Roche et Hotton, et le voisinage de Barvaux lui est surtout très-défavorable.

En quittant Durbuy, l'Ourthe parcourt une vallée étroite, mais fertile, dont la rive droite, fort inclinée à Bohon, se relève un moment pour s'abaisser de rechef à Barvaux, village placé au bas d'un superbe vallon, en pente douce et très-évasé, descendant des bois dont se couronne le plateau depuis La Roche, qui se poursuivent sur la droite, au-dessus de Hotton et de Melreux. Un assez gros ruisseau coule dans le fond de ce vallon et va se jeter dans l'Ourthe, après avoir passé sous un pont de pierre établi dans la traverse du village.

La distance développée de Durbuy à Barvaux est de 8^m611, et la pente de 9^m25, ou de 0^m00107 par mètre.

Les montagnes élevées qui renferment la rivière durant tout son cours, s'éloignent et s'ouvrent à Barvaux, et l'Ourthe semble se jouer dans la plaine fertile qu'elle arrose

(1) Le volume de l'eau d'Ourthe en étiage, à partir de son point navigable jusqu'à la Meuse, ne semble pas avoir été anciennement observé ; je n'ai du moins trouvé aucune trace d'observations qui aient été faites antérieurement. J'ai vu, aux archives de la province de Liége, que, « dans le mois de fructidor an XI, d'après les ordres du citoyen Cretet, conseiller d'État, les ingénieurs du département de la Meuse inférieure ont fait le jaugeage du Jaer ; » j'y ai vu également que, « au mois de mai 1809, un nivellement de la Méhaigne, dans les eaux moyennes, a été fait sur une partie de son cours, par M. Lequesne, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées ; » mais la Meuse, l'Ourthe, le Hoyoux, la Sambre, la Lesse, la Semoy, ne paraissent avoir donné lieu à aucune opération de ce genre, sous le gouvernement français.

Cependant un document administratif des plus remarquables, émané du ministre de l'intérieur, François de Neufchâteau, et qui parut sous le Directoire, le 25 frimaire an VII, met le jaugeage des rivières, des moindres comme des plus fortes, au nombre des travaux préliminaires indispensables qu'il prescrit pour arriver à la réalisation des vues du gouvernement relatives à la navigation intérieure de la France. *Plan des commissions qui vont être établies pour la navigation intérieure.* 2e édition. Paris, le 22 nivose an VII.

en se dirigeant sur Bomal. Par ses nombreux détours, par ses replis successifs, elle corrode alternativement chacun de ses bords, et elle agrandit ainsi tour à tour les propriétés riveraines d'alluvions dont elle appauvrit la rive opposée. Pas un ouvrage de défense ne garantit les héritages qu'elle attaque, et la couche végétale, épaisse de 2 et 3^{m}, ne peut résister à l'impétuosité de ses eaux. Il est vrai qu'elle ne fait aujourd'hui que détruire ce qu'elle avait elle-même créé auparavant, et que sa vallée étant une alluvion continue, elle reporte sur les terrains de la droite, par ses corrosions de la gauche, ce qu'elle leur avait précédemment enlevé, et réciproquement. Ses affouillements d'un côté, ses attérissements de l'autre, sont une espèce d'acte de justice distributive : les propriétaires regagnent une année ce qu'une année antérieure leur a fait perdre, et il n'y a que la navigation qui en souffre.

Au-dessous de Barvaux, l'Ourthe reçoit un ruisseau par sa rive droite, et, à Bomal, par la même rive, elle se grossit des eaux de l'Aisne, petite rivière qui vient des bois de Hambeux et de La Roche, où elle est formée de deux sources principales, l'une près de Dochamp, l'autre près d'Odeigne. *L'eau d'Aisne*, comme l'appellent les bateliers, passe dans le village sous un pont de pierre en très-mauvais état; sur la décharge du moulin qu'elle fait tourner, sont des ponceaux en bois, et, à l'aval de cette même décharge, près de son confluent, se trouve un lavoir de minerais tirés de Ferrières [1].

Les rochers de Bomal viennent resserrer la vallée, qui s'élargit de nouveau au-dessous, jusqu'à l'amont des ruines du château de Palogne; puis, par des élargissements et des

[1] Les affluents de l'Ourthe, d'un produit assez médiocre à l'étiage, mènent parfois un volume considérable, fatal à sa navigation.

Le 3 août 1830, par un violent orage, les eaux de l'Aisne se sont élevées soudainement, de manière à remplir le vallon dans lequel elles coulent; elles allaient frapper la rive gauche de l'Ourthe, dont elles barraient le cours.

Des crues de ce genre se reproduisent fréquemment d'année à autre, quelquefois même dans un seul été.

resserrements alternatifs et brusques, et après le détour qu'elle fait à Sy, elle s'ouvre au château de Hamoir-Lassus jusqu'à Renne, hameau dépendant de Hamoir, où elle redevient étroite, pour s'ouvrir encore jusqu'au-dessous de Fairon. Elle se rétrécit alors et se réduit bientôt à un étranglement entre les roches escarpées qui l'enveloppent, particulièrement sur la rive droite, à l'amont de Comblain-la-Tour.

Ce dernier village, dépendance de la commune de Fairon, est dans une assez grand plaine, à la suite de laquelle la vallée est de nouveau sans largeur; ce n'est plus qu'une gorge, s'ouvrant tant soit peu par intervalles, jusqu'à Comblain-au-Pont, où elle s'évase un peu plus. Elle se resserre à l'aval, s'élargit faiblement tout de suite après, à Léliotte, reste étroite à Douflamme, confluent de l'Amblève (1), et à Chanxhe, où, après un léger élargissement sans durée, la rive gauche se relève jusqu'à Poulseur.

De ce point, les circonstances du cours de l'Ourthe, variées dans leurs détails, sont presque constamment les mêmes

(1) L'Amblève, communément appelée *L'eau d'Aywaille* par les bateliers, prend sa source en Prusse, à Heppenbach, entre dans la province de Liége à Warge, passe à Stavelot; après avoir reçu les ruisseaux de Warge, de Malmédy et l'Eau-rouge, elle reçoit le Glain aux Trois-Ponts, la Lienne à Targnon; elle passe à Sougnez, à Aywaille, et se jette dans l'Ourthe à Douflamme, après un cours d'environ 80,000m. « Elle n'est navigable que sur environ 10,000m, depuis son embouchure jusqu'à Sougnez, et n'est point flottable depuis ce dernier endroit, en remontant vers sa source. Quoique son volume d'eau soit augmenté par les eaux de plusieurs ruisseaux, sa navigation n'a lieu que par l'effet des digues de barrage des usines établies sur son cours, à travers lesquelles on a ménagé des pertuis pour le passage des barques. . . . Le halage y est difficile, et les chevaux qui remontent les barques suivent tantôt le lit de la rivière, tantôt les sentiers qui se trouvent sur ses bords. » *Mémoire du 26 frimaire an IX, sur l'état de la navigation dans le département de l'Ourthe;* par M. Lejeune, ingénieur en chef de la direction de Sambre et Meuse.

M. Lejeune pensait que les dépenses qu'exigerait l'amélioration de l'Amblève « ne seraient compensées par aucun avantage, quoiqu'elle passe par la petite ville de Stavelot, assez connue par ses tanneries. »

Il est permis d'être d'un avis contraire.

« C'est en avant de ce lieu (Léliotte) que la petite rivière d'Amblève, *navigable autrefois jusqu'à Stavelot*, où elle passe, se jette dans l'Ourthe, par la rive droite de cette rivière. » *Procès-verbal de visite des rivières flottables et navigables, du 1er messidor an VI;* par R. Carront, ingénieur ordinaire du département de l'Ourthe. — *Archives de la province de Liége.*

dans leur ensemble. On les retrouve à Esneux, à Méry, à Tilf, où la vallée prend plus de largeur ; à Colonster, à Campana, à Angleur, à Chênée, où, en recevant la Vesdre [1], elle débouche des montagnes dans la vallée de la Meuse,

[1] La rivière de Vesdre prend sa source sur le plateau des Fanges, en Prusse, reçoit la Hell et le Soor à Eupen, entre dans la province de Liége en coulant de l'est à l'ouest, sépare la ville de Limbourg du village de Dolhain, se grossit de plusieurs ruisseaux, dont le plus fort est le Hockel, traverse la ville de Verviers, y reçoit le ruisseau de Mangonbroux, arrose Hodimont, où le ruisseau de Dison vient s'emboucher, s'écoule ensuite par Ensival, par Pépinster, où elle reçoit le Hoëgne, par Nessonvaux, Fraipont, Prayon, Chaudfontaine et Chênée, où elle se jette dans l'Ourthe. Son cours est de $60,000^m$ à peu près.

« La réunion de toutes ces eaux la rendrait peu navigable, si d'ailleurs elles n'étaient pas retenues par les digues de barrage des usines établies sur son cours, et quoiqu'il en existe au-dessus d'Ensival, son volume d'eau ne s'y trouve pas assez considérable pour la navigation, et même pour la flottaison.

« Ces digues de barrage sont percées, pour le passage des bateaux, par un pertuis dont le fond est un plan plus ou moins incliné, suivant la hauteur de la digue ; en descendant, les bateaux y passent avec une très-grande vitesse ; mais, pour les remonter, on est obligé d'employer des cordes, des poulies de renvoi et un grand nombre de chevaux.

« Elle n'est navigable, lors des eaux ordinaires, que depuis son embouchure jusqu'à Prayon, sur une longueur d'environ $10,000^m$, et, dans tout le temps des hautes eaux, elle l'est jusqu'à Ensival, sur environ $35,000^m$.

« Cette navigation n'est pas importante : elle se fait avec des barques qui portent une charge de 250 myriagrammes, en prenant un tirant d'eau de 0^m15, quand les eaux le permettent ; pendant l'été, on n'y voit que des barques de pêcheurs.

« On pourrait améliorer la navigation de ces deux rivières, la Vesdre et l'Amblève ; il serait même très-utile d'étendre celle de la Vesdre jusqu'à Verviers, ville très-commerçante et riche de ses nombreuses manufactures de drap de belle qualité, pour lui donner la faculté d'importer à peu de frais les matières premières, et de les exporter après leur fabrication. » *Mémoire du 26 frimaire an IX*, etc. ; par M. Lejeune.

L'amélioration de la Vesdre a été desirée de tout temps ; déjà, en 1798, un projet avait été formé et publié pour la rendre navigable en toute saison jusqu'à Verviers et au delà.

En 1807, dans un mémoire *sur les ouvrages les plus pressants à exécuter pour la navigation des rivières de Meuse et d'Ourthe*, M. Deschamps, ingénieur en chef du département, s'exprimait ainsi : « Quoiqu'il y ait beaucoup de travaux très-utiles à proposer sur la Vesdre et sur l'Amblève, qui pourraient être améliorées dans leurs parties actuellement navigables, et dont la navigation serait susceptible d'être poussée beaucoup plus haut, ce qui serait d'un avantage inappréciable pour certaines villes très-commerçantes de ce département, telles que Verviers, Malmédy et Stavelot, on ne parlera cependant que de la Meuse et de l'Ourthe, etc. »

pour aller, sur une étendue de 6 à 7 kilomètres, par Grivegnée, Froidmont et la Boverie, se jeter dans le fleuve, à Liége. Cette jonction se fait par trois bras (pl. I, fig. 2), dont

Bien antérieurement, des projets ont été dressés dans le même but. On trouve dans les archives de la province de Liége, un « *Octroy de rendre la rivière de Vesde navigable depuis Fraipont jusqu'à Pepinster*, accordé par S. M. Catholique et les Etats-Généraux des Provinces-Unies, confirmé par le prince-évêque de Liége, le 30 septembre 1669; » les travaux devaient, à peine de déchéance, être commencés dans les deux ans à partir de la date de la concession. Le commerce de Verviers, quoique l'amélioration ne fût pas poussée jusqu'à cette ville, avait appuyé la société demanderesse, en déclarant qu'il y aurait, par eau, une économie de vingt *par* cent sur les transports par terre. — *Chambre des finances*, 1661-1671.

La navigation de la Vesdre n'a jamais été qu'intermittente.

Dans un mandement du 5 avril 1751, relatif à l'entretien du lit de la rivière et du chemin de halage par les riverains, on lit les dispositions suivantes :

« Pour prévenir avec autant plus d'efficacité les obstacles journaliers qui se rencontrent par le défaut d'eaux, S. S. E. veut et ordonne que les bateliers de Fraipont partent et retournent régulièrement chez eux tous ensemble et à la même heure, tant en hyver qu'en été, et qu'une personne de leur part soit envoyée en avant pour avertir chaque maître d'usine de lâcher les eaux et lever les écluses, qui resteront ouvertes aussi longtemps que les bateaux soient passés, ce qu'il sera obligé de faire à l'instant même de l'avertissement, à peine de dix florins d'amende, applicable moitié à l'officier, moitié au profit des bateliers.

« La même chose s'observera à l'égard des barques de Chaudfontaine, sous la même peine.

« Bien entendu que si quelque batelier de Fraipont manquait de partir avec les autres, sous prétexte d'attendre sa charge ou autrement, en ce cas tel batelier devra se servir de l'eau telle qu'il la trouvera, sans pouvoir obliger les maîtres d'usines à hausser leurs ventats.

« Et pour que le tout se passe en bon ordre, S. S. E. ordonne aux autres bateliers de la même rivière, demeurant dans les endroits inférieurs au village de Fraipont, d'attendre ceux du dit Fraipont pour partir ensemble et profiter mutuellement des eaux lâchées, sans quoi tels bateliers inférieurs venant à partir sans attendre les autres, devront se contenter du coulant de la rivière dans tel état qu'il se trouvera, sans pouvoir obliger les usiniers à lâcher leurs eaux.

« Les marchands et particuliers qui ont des bateaux et qui voudront s'en servir, devront aussi partir à l'heure que les bateliers partiront, afin d'aller tous ensemble, à la même peine. »

Une clause relative aux différends qui s'étaient élevés au sujet de cette rivière, est contenue dans le concordat fait, le 4 août 1546, entre la Reine de Hongrie, gouvernante des Pays-Bas, et l'évêque et prince de Liége :

Quod autem attinet ad fluvium Weser, profluentem ab oppido Limburgo usque in flumen Mosæ, in quo Leodienses jam brevi palos, stipites et alia impedimenta posuisse dicunt, impedientes medium cursum aquæ sed et piscationem, et ad Ducem Limburgensem pertinere dicunt,

le seul qui soit navigable à son confluent en amont du pont de la Boverie ; des deux autres, l'un disperse ses eaux, et, passant au pont d'Amercœur, forme le Barbou, avant de se

scilicet *quoad jurisdictionem et institutionem officiatorum*, et la Vouerie vel *Advocatia* d'Amercœur, *propè Leodium, cùm Deputati Leodienses asseruerint se super illis non fuisse instructos, neque posse super negotiis ignotis quicquam affirmare vel consentire, conventum est, quod Reverendissimo et Capitulo Leodiensi præmissa significabunt, et illorum responsionem scripto declarabunt, si per litteras aut aliàs amicabiliter hæc negotia antè proximam dietam componi non poterunt, exhibebunt Deputati utriusque Principis titulos et documenta quibus suam intentionem putant probare.* » *Recueil des édits et règlements*, etc.; par Louvrex. Liége, 1751.

A l'occasion des mêmes différends, l'article 18 du concordat conclu entre les mêmes princes, le 4 août 1548, porte :

« Touchant les différends de la rivière de Vesdre et du toulieu du pont Damicourt, le dit seigneur prince de Liége aura copie des enseignements exhibés de la part de l'empereur, pour, lorsque l'on viendra décider les aultres différends non instruicts, dire et alleguer ce que bon lui semblera, et ne seront cependant faits aulcuns nouveaulz empêchements en la dite rivière.» *Ibid.*

Le 18 mai 1733, le prince-évêque rend un « Édit prohibitif *au regard* des droits que le comte d'Arberg, en qualité de seigneur de la Rochette, exigeoit des bateliers de l'eau de Vesdre, comme aussi de péage sur chaque cheval, charette et voiture qui traversoit la dite terre. » *Ibid.*

Ce seigneur de la Rochette était propriétaire du pont de Chênée, sur la Vesdre, au passage duquel un droit se prélevait à son profit. Quelques communes cependant étaient exemptes du péage, notamment la commune de Chênée.

La largeur moyenne de la Vesdre est de 15 à 25^{m}.

Les crues de cette rivière sont ordinairement subites, par conséquent très-préjudiciables aux cultures et aux constructions de sa vallée ; elles s'élèvent quelquefois de 1^{m} à 2^{m}50 en très-peu de temps, et, en 1803, à Dolhain, elles ont monté de 3^{m} en une demi-heure. Il n'est pas rare de voir la vallée recouverte d'une hauteur d'eau qui varie de 0^{m}30 à 1^{m}20.

Les affluents de la Vesdre sont sujets à des crues aussi soudaines. Le 17 mai 1807, année d'ailleurs d'une excessive sécheresse, les eaux du ruisseau de Dison se sont élevées avec une rapidité telle, qu'il en est résulté une funeste inondation ; des haies, des arbres, des murs de quai et de clôture, ont été emportés en quelques instants. — *Archives de la province de Liége.*

Dans la même année, le 4 mai, un orage épouvantable a éclaté vers 6 heures du soir. Les eaux de la Gueule, près du village de Hergenraedt, sont montées en peu d'heures à plus de 6 mètres ; elles ont emporté tous les ponts, déraciné un grand nombre d'arbres, entre autres un chêne immense; elles ont raviné les prairies, enlevé les clôtures de toute espèce, et ce n'est que vers minuit qu'elles ont cessé de croître.— *Ibid.*

Cet affluent de la Meuse est cependant bien moins encaissé que les affluents de la Vesdre.

Des variations aussi brusques se produisant sur les cours d'eau qui se

réunir entièrement à la Meuse ([1]); le Forchu-Fossé, qui est le troisième, prend naissance à Grivegnée et s'embouche à l'aval du pont du Val-Benoît.

Dans ce parcours de 54,192^m, de Barvaux à la Meuse, l'Ourthe, dont la largeur moyenne varie de 30 à 60^m, s'accroît des eaux du Ris de Logne ou Vieuville, qu'elle reçoit à Palogne, du Ris de Verlaine, à l'aval de Sy, du Néblon, au pont de Hamoir, du Blockay, à Fairon, du Comblinay, à Comblain-la-Tour, de quelques ruisseaux d'un faible débit, et surtout des eaux de l'Aisne, de l'Amblève et de la Vesdre ([2]).

déversent dans la Meuse, il n'est pas étonnant que le niveau de ce fleuve s'élève en peu d'heures de 2 et 3^m.

Les eaux de la Vesdre, à son confluent dans l'Ourthe, sont à 59^{m}444 au-dessus de celles de l'Océan.

([1]) Ce bras de l'Ourthe se subdivise en diverses branches dans la traverse du quartier d'Outre-Meuse (pl. I, fig. 2.) :

La première passe sous le pont de bois de la Tour-en-Bêche, sous une arche du nouveau pont de la Boverie, se partage en biefs d'usines un peu à l'aval, reçoit des eaux de la Meuse par le trou du Saucy, arrive avec toutes ces eaux réunies au pont St.-Nicolas, passe sous les trois arches, de manière à former l'île où se trouve l'hospice de Bavière, et se jette enfin dans le Barbou, auquel elle semble avoir donné sa direction ;

La deuxième se compose des deux Rivelettes, l'une venant de l'aval du pont de la Boverie, l'autre de l'amont du pont d'Amercœur ; elle passe sous le pont St.-Julien, après la jonction des deux Rivelettes, et va dans le Barbou au moulin des Petites-Oies ;

La troisième passe au pont de Londoz et au pont d'Amercœur, à l'aval duquel, par un brusque détour, les eaux dont elle alimente les usines, réunies à celles des autres branches, forment le Barbou.

Le bras du pont d'Amercœur est le plus anciennement navigable, et c'est le seul qui le soit encore en basses eaux. A la demande du commerce, un port a été construit à l'aval du pont, sur la rive droite, en 1840.

La navigation de la deuxième branche n'est praticable que pour de petits bateaux, qui entrent et sortent par le Trou du Saucy.

Dans un procès que des maîtres d'usines ont eu récemment avec la ville de Liége, ils se sont appuyés d'un ancien document pour soutenir, contre toute vraisemblance, que la Rivelette, sur laquelle il y a quatre ponts, n'est qu'une prise d'eau faisant partie du bief du moulin des Petites-Oies, et qu'elle est leur propriété.

([2]) On trouve dans Guichardin ce singulier passage, relatif à la ville de Liége :

« Outre les fleuues de Meuse et Liege ou Legie, qui passent par ceste cité, y entrent encor troys petitz fleuues et ruisseaux, à sçavoir, Vte, Vese et Ambluar, lesquels ayans source en la forest d'Ardenne, viennent se descharger en la Meuse, ayans de bons poissons, et surtout celle d'Vte, qui en produit

Des deux Ourthes à la Meuse, le cours général de la rivière est du sud au nord.

A partir de Hotton, et principalement de Barvaux, les villages se rapprochent toujours de plus en plus, les habitations s'améliorent, elles sont plus soignées, et toutes, ou à peu près, sont construites en pierre.

Ce n'est pas ici le lieu de parler des châteaux de l'Ourthe et des beautés pittoresques de cette vallée trop peu parcourue par le commerce, et moins encore par les voyageurs; si elle était mieux connue, on entendrait plus souvent citer les châteaux modernes de Deulin, de Grand-Han, de Petit-Han, et surtout le château de Bomal: les regards s'arrêtent involontairement sur cette construction grandiose, à laquelle sert de base une immense terrasse, entièrement faite de main d'homme.

Les vieux châteaux fixeraient aussi l'attention, et, sans être antiquaire, on peut admirer les restes du château de La Roche, ses caves, ses citernes, sa position, d'où les anciens comtes commandaient jadis à la contrée environnante, et dont Louis XIV, momentanément maître du pays, avait fait une petite forteresse; Durbuy, sur un roc au milieu de la rivière, qui ne permettait aux bateliers de remonter ou de descendre qu'après avoir acquitté les droits de toulieu et d'autres plus arbitraires; Palogne, au sommet du plus haut, du plus aride rocher; Montfort, qui, si l'on en croit les traditions populaires, fut, comme Raborive, le séjour des quatre fils Aymon, et qui, de la cime ardue sur laquelle ses ruines sont encore assises, domine la vallée en seigneur féodal; Poulseur, en face de Montfort, avec lequel il était habituellement en guerre, qu'il a détruit en succombant lui-même, et qui, après tant d'années, n'offrant plus que des débris, est encore remarquable par sa structure et ses souterrains; Colonster, dans une position délicieuse, et dont les vieilles

de plusieurs sortes en grande quantité, et d'une espece fort sauoureuse qu'on appelle Vtins.» *Description de tous les Pays-Bas*; par Messire Lovis Gvicciardin, gentilhomme florentin. Anvers, chez Plantin, 1582.

tourelles échappent aux injures du temps par les soins de son propriétaire; etc. etc. [1].

Il serait impossible, et d'ailleurs ce n'en est pas non plus ici la place, de donner une idée des rochers magnifiques par leur élévation, leurs formes, leurs découpures diverses, la variété de leurs couches, masses énormes, imposantes, dont on est frappé dans tout le cours de l'Ourthe, et principalement à Durbuy, à Bomal; plus encore à Comblain, sur la rive droite, en amont du village; sur la rive gauche, en aval; puis, aussitôt après, sur la rive droite, et presque continuellement, jusqu'à Colonster.

Les détails qui intéressent la navigation sont d'une nature plus sérieuse.

Si l'on partage en deux la distance de Barvaux à Liége, on trouve que, jusqu'au confluent de l'Amblève, pour un développement de 25,871^{m}, la pente totale est de 37^{m}96, ou de 0^{m}0014 par mètre, et de l'Amblève à la Meuse, une chute totale de 34^{m}575 donne, pour 28,321^{m}, une pente par mètre de 0^{m}00121.

De Bomal à Chanxhe, le volume d'eau d'étiage varie de 12^{m3} à 21^{m3}; de Chanxhe à la Meuse, il s'élève de 21^{m3} à 27^{m3}.

En résumant les données de l'observation, on forme le tableau suivant.

[1] Le château de Palogne ou de *Logne*, des plus anciens de l'Ourthe, est mentionné dans un acte de l'an 915. Il a été détruit, en 1521, par le comte Henri de Nassau, dans la guerre de Robert de La Marck contre Charles-Quint.

Montfort datait du IXe siècle. Brûlé, en 1495, par les Luxembourgeois unis aux Brabançons, il n'a jamais été rétabli.

Le château de Raborive ou *d'Amblève*, situé sur l'Amblève, servit de prison, en 741, à un fils de Charles-Martel. Il fut occupé par la famille de La Marck de 1412 à 1588, et démantelé à la fin du XVIIe siècle.

La Tour de Poulseur, nommée aussi *Tour de Charlemagne*, est également connue sous le nom de château de *Renastienne*.

Colonster était l'apanage de l'ancienne et illustre famille des Prez, qui le posséda jusqu'au XVe siècle.

Pente de l'Ourthe et produit de ses eaux en divers points de son cours.

POINTS EXTRÊMES des DISTANCES.	LONGUEUR	PENTE		LIEU de LA JAUGE.	PRODUIT PAR SECONDE		OBSERVATIONS.
	TOTALE.	TOTALE.	par mètre.		à l'étiage.	avant le débordement.	
	Mètres.	Mètres.	Mètres.				
Jonction des deux Ourthes et La Roche.	18,720,47	49,10	0,00262		»	»	Un renseignement que je dois à l'obligeance de M. l'ingénieur Dutreux, porte à 10^{m3} le produit de l'Ourthe à La Roche, en basses eaux, et à 90^{m3} en hautes eaux ; d'après le même enseignement, le produit est, à Hotton, de 15^{m3}20 en étiage et de 124^{m3} en hautes eaux.
La Roche et Hotton.	18,128,00	41,90	0,00231	La Roche	8^{m3}00	»	
Hotton et Durbuy	18,986,00	26,95	0,00142	Hotton.	10,00	»	
Durbuy et Barvaux.	8,611,00	9,25	0,00107	Durbuy	11,00	»	
				Barvaux	11,25	»	
				Palogne	12,23	»	
Barvaux et l'Amblève	25,871,00	37,96	0,00146	Aval du Néblon . . .	12,88	94^{m3}00	Entre Fairon et Comblain-la-Tour.
				Amont de l'Amblève.	14,87	112,00	A l'aval de Comblain-au-Pont.
				Douflamme	17,60	115,88	Ce volume d'eau a été observé par M. R. De Puydt, dans l'étiage d'hiver, en 1829 ; dans l'été de 1827, le même ingénieur avait trouvé 25^{m3}10.
				Chanxhe.	21,23	»	
				Poulseur.	24,46	»	
De l'Amblève à la Meuse . . .	28,321,00	34,575	0,00122	Esneux.	«	277,82	Les crues de l'Ourthe recouvrent la vallée de 0^{m}30 à 0^{m}80, et s'élèvent à plus de 4^m au-dessus de l'étiage. La branche navigable, d'après M. Vander Maelen, fournit à la Meuse chaque année 664,000,000^{m3}, et les trois bras réunis, 1,549,000,000^{m3}.
				Chênée.	26,50	»	
				Liége.	27,00	»	

Les deux affluents de l'Ourthe qui augmentent le plus son produit, sont la Vesdre et l'Amblève.

La dernière débite $3^{m3}25$ en étiage, et 150^{m3} en grandes eaux, au-dessous du pont d'Aywaille.

La Vesdre n'a qu'un volume de 2^{m3} à $2^{m3}25$ en basses eaux; mais, dans les eaux de débordement, ce volume s'élève à 120 et jusqu'à 140^{m3} (1).

§ 2.— *Variations du niveau des eaux de l'Ourthe. — Repères de hautes eaux.*

Les rivières ont deux états extrêmes, l'étiage et les eaux de débordement; mais, quelque rapides que soient leurs crues, elles ne passent pas tout à coup d'un état à l'autre, et, de même que les pluies, les orages, les débâcles, élèvent rarement les eaux, par une transition soudaine, de l'étiage au niveau des inondations, de même aussi les décrues qui les abaissent subitement jusqu'à l'étiage sont rares et accidentelles.

Si le brusque passage de l'un à l'autre des régimes extrêmes n'a lieu qu'à des intervalles éloignés, jamais non plus il n'y a de permanence dans un même régime, jamais le plan d'eau n'a de fixité sur aucun point : les variations de l'étiage,

(1) Le pont sur la Vesdre, à Chênée, a été construit sur le projet de M. Lesquesne, alors ingénieur ordinaire du département de l'Ourthe, aujourd'hui ingénieur en chef du département de l'Oise. Par des opérations préliminaires très-minutieuses, dans les études auxquelles il s'est livré à ce sujet, il a reconnu que le débouché du pont devait être de $166^{m2}62$, la vitesse moyenne en grandes eaux ne dépassant point 1^{m}. *Sondes et expériences relatives à la construction du pont de Chênée*; par M. LEQUESNE. *Archives de la province de Liege.*

« La Vesdre, dit M. LEQUESNE, est de la nature des torrents; ses crues sont subites, et l'écoulement a lieu ordinairement en cinq ou six heures. Lorsque la rivière d'Ourthe, qui est de même nature, croît en même temps, l'écoulement de la Vesdre est retardé; mais la vallée n'offre plus alors qu'une masse d'eau, dont le courant n'est sensible que dans la partie qui forme le lit de la rivière. » *Ibid.*

Les fondements du pont de Chênée, composé de trois arches en anse de panier, ayant chacune 14^{m} d'ouverture et 9^{m} entre les têtes, ont été jetés le 1er septembre 1811. Abandonné en 1813, le travail a été repris en 1826 et achevé au mois de septembre 1829.

qui semble l'état le plus stable d'une rivière, sont continues et perpétuelles. Par suite de cette mobilité, le niveau de surface change d'heure en heure, et les bateliers, pour exprimer ce mouvement non interrompu d'exhaussement et d'abaissement alternatif, disent que *la rivière travaille toujours*.

La durée des divers états de l'Ourthe pendant une année, sauf les variations diurnes auxquelles chacun d'eux est soumis, est déterminée par la saison et par des circonstances locales. Voici ce que l'expérience indique approximativement pour chacune des parties comprises entre la jonction des deux Ourthes et la Meuse.

ÉSIGNATION DU PARCOURS.	TRÈS BASSES EAUX.	BASSES EAUX.	EAUX MOYENNES.	HAUTES EAUX NAVIGABLES.	DÉBORDEMENTS.	GLACES et DÉBÂCLES.
eux Ourthes à La …he.	De la mi-juin à la fin d'août.	De la mi-mai à la mi-juin, et de la fin d'août à la mi-septembre.	Du commencement d'avril à la mi-mai; septembre et octobre.	Janvier, février, mars, novembre et décembre.	En hiver et durant quelques jours seulem^t^. De même en été, après des orages.	Elles ne durent que quelques jours et ne se reproduisent pas tous les ans.
… Roche à Hotton.	Id.	Id.	Id.	Id.		
…tton à Barvaux. .	Id.	Id.	Id.	Id.		
…arvaux au con…ent de l'Ourthe …s la Meuse, à …ge.	Id.	Avril, mai et septembre.	Du commencement de mars à la mi-avril, et de la mi-septembre à la fin d'octobre.	Janvier, février, novembre et décembre.		

Des observations exactes, continuées pendant plusieurs années, peuvent seules donner avec plus de précision la durée moyenne de chaque état des eaux; peut-être même les changements subits qu'elles éprouvent obligeront-ils toujours à s'en tenir à de simples approximations.

Peu de rivières, en effet, passent aussi brusquement que l'Ourthe d'un état à un autre; ses crues sont très-fortes

et l'élèvent fréquemment au-dessus de ses rives : parfois elle monte jusqu'à une très-grande hauteur; aussi trouv plusieurs repères de hautes eaux dans les villes et v de la vallée. J'ai recueilli tous ceux que j'ai pu déco

ANNÉE.	NOM de LA COMMUNE.	Hauteur du repère au-dessus de l'étiage.	OBSERVATIONS.
		Mètres.	
31 décembre 1740.	La Roche.	3,23	Cette crue a eu lieu sans dé
1799.	*Ibid*. . .	»	En l'an VII, d'après M. L les eaux se sont élevées à 1m dessus du rez-de-chaussée de sons. Je n'ai pu découvrir le de ce débordement. La digue de barrage qui est d'hui à l'amont de la ville, éta à l'aval: elle élevait les eaux d
1799.	Tilf. . . .	»	Crue plus élevée que celle d Elle n'est indiquée par aucun
1808.	*Ibid* . .	3,70	Aucun repère n'indique cett dation, qui a été donnée par u seignement particulier. Sa h est prise à l'aval de la digue rage.
25 février 1830.	La Roche.	2,78	Débâcle considérable et la p te, de mémoire d'homme. La h en est prise sur deux repères.
1830.	Tilf. . . .	»	Les glaces se sont élevées à dessus de la crête de la digue rage, qui est elle-même à 0m dessus des basses eaux.
1, 2 et 3 mars 1831.	*Ibid* . . .	3,10	Il y avait quatorze ans qu'u reille débâcle n'avait eu lieu, puis il n'y en a pas eu de semb
4 mars 1831.	Chênée.	3,00	Hauteur prise à l'échelle par pont, ingénieur de la soci Luxembourg. — Il en est de pour les années 1833 et 1839.
10 décembre 1833.	*Ibid* . . .	2,88	L'été suivant, les eaux ont basses, qu'il n'y avait pas plus d sur les courants.
22 janvier 1839	*Ibid*. . .	2,85	On a observé, à Chênée, c débordements sont très-irré souvent six et sept années s écoulées sans inondations, et c seul hiver, il y en a eu sept. L'étiage annuel répond à 0m dessous du zéro de l'échelle à l'aval du confluent de la Vesc
1840.	Durbuy .	»	Cette crue, qui est survenu suite d'une débâcle, a été très-e mais elle n'est marquée par repère.

De toutes les crues reprises dans ce tableau, la plus forte est celle de l'année 1799, plus élevée que celles de 1808 et de 1831.

On voit aisément l'influence qu'exercent sur la hauteur des débordements, et les affluents de la rivière, et l'encaissement de la vallée.

§ 3. — *Ponts sur l'Ourthe.*

Pont de La Roche (1). — Les crues s'élèvent très-haut dans cette partie étroite de la vallée, comme l'indiquent les repères des hautes eaux de 1740 et de 1830.

Le pont de pierre qui existait jadis dans la traverse de la ville, a été très-anciennement détérioré et presque détruit par une de ces crues extraordinaires.

Il se composait de deux culées et de trois piles; les arches avaient des ouvertures respectives de 4^m, 9^m40, 7^m20 et 8^m60, et présentaient ainsi un débouché total de 29^m20; sa longueur était de 41^m, et sa largeur de 3^m60.

Les piles ayant résisté à l'action des eaux, qui, par un hiver dont on ne connaît pas la date, ont enlevé toute la partie supérieure du pont, on y a établi un tablier en bois, pour servir au passage des piétons et des voitures (2).

Sous le gouvernement autrichien, les réparations que demandait ce tablier étaient faites aux frais de l'État; sous le gouvernement français, l'entretien était à la charge de la ville et lui coûtait annuellement de 2 à 300 francs.

(1) Le pont de Houffalize, à une distance développée d'environ 29 kilomètres au-dessus de La Roche, a été construit par le gouvernement autrichien, vers le milieu du siècle dernier. Il est en pierre et se compose de deux arches; sa longueur est de 17^m80, et sa largeur de 8^m30.

(2) « Il n'existe maintenant de ce pont, construit autrefois en pierre, que les deux arches qui joignent l'une la rive droite, l'autre la rive gauche. » *Procès-verbal de visite de la rivière d'Ourthe*, du 10 germinal an VII; par MM. Mesnager, ingénieur ordinaire, et Lejeune, ingénieur en chef de la direction de Sambre et Meuse.

Dans les hivers rigoureux, où l'on pouvait craindre que le tablier ne fût emporté par les glaces, on le démontait, pour le rétablir après la débâcle.

Les piles et les culées de ce vieil ouvrage, dont les ruines vont être remplacées par un pont suspendu, sont maintenant en démolition.

Le pont suspendu se composera d'une travée de 35^{m} entre les axes des supports : elle aura 33^{m}18 entre le nu des enclaves du tablier, ou 33^{m} de milieu en milieu, entre les traverses extrêmes.

Les chaînes de suspension seront en barres superposées ; elles auront 2^{m}20 de flèche, d'un support à l'autre.

Le tablier comprendra une voie charretière de 2^{m}50, deux trottoirs de 1^{m}10 chacun, et sera plus élevé de 0^{m}165 en son milieu qu'aux deux culées.

Il n'y a pas de chemin de halage.

Pont de Jupille. — Il n'existe plus. Il était en bois, servait seulement au passage des piétons, et gênait beaucoup la remonte des bateaux. En l'an VII, M. Mesnager, ingénieur ordinaire du département de Sambre et Meuse, proposait d'y substituer un bac [1] ; depuis, un passage d'eau particulier s'est établi dans cet endroit.

Pont de Marcourt. — Également en bois, ne servant non plus qu'au passage des gens à pied. Tout aussi nuisible à la navigation que le pont de Jupille, il a pareillement disparu, et, en l'an VII, M. Mesnager le signalait comme devant être avantageusement remplacé par un bac [2].

Il y a maintenant à Marcourt un passage d'eau particulier.

Pont de Hotton. — Construit en 1725, ce pont a été plusieurs fois réparé.

Il se compose de cinq arches en plein cintre, ayant respectivement une ouverture de 6^{m}, 8^{m}, 9^{m}70, 8^{m} et 6^{m}, et de deux arcades de décharge, de 3^{m} chacune, ménagées dans

[1] *Procès-verbal de visite de la rivière d'Ourthe*, etc.
[2] *Ibid.*

la culée de gauche pour l'écoulement des hautes eaux. Le débouché total est de 43^{m}70, la longueur de 87^{m}, et la largeur de 7^{m}60, entre les têtes des arches.

Des massifs en maçonnerie, terminés par des faces planes, sont placés à l'amont des piles. Ils forment des pyramides triangulaires, dont les arêtes sont garnies de bandes en fer forgé, pour que ces avant-becs agissent d'autant plus efficacement comme brise-glaces.

Les bahuts sont en moellons bruts, recouverts de tablettes ancrées les unes avec les autres.

Il n'y a ni arrière-becs ni chemin de halage.

Pont de Durbuy.—Un pont de pierre, d'une seule arche en arc de cercle, construit en 1705, au milieu duquel on arrive par des rampes assez fortes et dont les abords sont difficiles, joint le rocher du château à la rive gauche. Le débouché n'est que de 17^{m} ; il serait insuffisant dans les hautes eaux, si la vallée, très-basse vers la droite, ne leur ouvrait pas un large passage. Dans les crues, la rivière contourne le château et lave le pied des rochers, disposés en couches circulaires et d'une hauteur presque verticale, qui forment la rive droite.

Un pont de bois pour les piétons maintient en tout temps les communications de la ville avec Hotton et Barvaux.

Pont de Hamoir. — Il existait à Hamoir un pont très-ancien, qui a disparu. On l'a remplacé par un pont en pierre d'assez grandes dimensions, construit à la fin du dernier siècle, avec beaucoup de solidité ; mais, inachevé en l'an V, il l'est encore aujourd'hui ([1]). Son milieu est très-élevé ;

([1]) « Dans la commune de Hamoir, il y a un pont à trois arches, mais qui n'est pas achevé. Il est construit en pierre de taille et en plein-cintre. Il n'y a presque pas de parapets, et les voitures passent sur les voussoirs. Les culées n'en sont pas construites en maçonnerie, mais ce sont des terrasses soutenues par un grand nombre de troncs d'arbres et par des étais, qu'on est obligé d'y mettre tous les ans. Ce pont sert cependant de communication à la route qui va de Stavelot à Huy. Il serait bien nécessaire que le gouvernement prît les mesures convenables pour assurer le passage du susdit pont, pour éviter les malheurs inévitables qu'il menace d'occasionner de jour en

malheureusement aussi, il est à peu près inaccessible des deux côtés. Il se compose de quatre arches, dont deux en plein cintre et deux surbaissées, de 8m90 d'ouverture chacune, et par conséquent d'un débouché total de 35m60. Sa largeur est de 5m, et sa longueur de 49m60. Les piles, défendues par des avant-becs et des arrière-becs triangulaires, ont 2m d'épaisseur.

Il se raccorde avec la rive droite par une rampe de 0m40 à 0m50 d'inclinaison par mètre, et, par la gauche, non seulement il est séparé de la rive par le Néblon, mais il se trouve placé précisément dans le prolongement de cette rivière.

Pont de Comblain. — Il ne reste plus qu'une pile de l'ancien pont de Comblain, et elle menace ruine.

Construit antérieurement au XVe siècle, il se composait de piles en pierre et de montants en bois sur lesquels reposait un tablier. Sa largeur était suffisante pour le passage des voitures.

Il a été emporté plusieurs fois par les eaux, et, probablement pour la dernière fois, dans l'hiver de 1784.

Un passage d'eau l'a définitivement remplacé [1].

jour. » *Procès-verbal de visite des rivières flottables et navigables, du 1er messidor an VI*, par R. Carront, ingénieur ordinaire du département de l'Ourthe.— *Archives de la province de Liége.*

[1] On lit dans un record de l'an 1454, relatif au ban de Comblain :

« Nous maire et eschevins, scavons et wardons que celuy qui tient le pont de Comblen, le doibt si bien detenir, que par sa faulte ny aye nul peril ne pour les massuiers ne pour les estrangers passans, car si peril y avait ou domage, se seroit aux frais, coustes et domages de celuy qui le tiendroit, et doibt avoir celuy qui le tiendra, pour chascun estranger passant, *xviii* deniers, et autant pour un cheual. — Scavons et wardons que s'il advenait que le pont en allast par fortune des grandes eaux ou des heroz, quand a donc les massuiers doibvent remettre les deux grandes arches gisantes esmy le cours de l'eau, hors de l'eau un braier haut et à leurs frais et coustes, et debvent les massuiers aider tirer les solives sur le pont, et parmy ce faisant ne debvent aultre chose pour leur passage.» *Archives de la province de Liége.*

Des riverains s'étaient associés pour l'établissement de ce pont et recevaient les péages, à charge par eux de réparer les avaries qu'il éprouvait. Toutefois « Une spécifique déclaration des pièces, les détenteurs et occupateurs

Pont de Léliotte. — Il y a eu aussi un pont de pierre en cet endroit ; mais il n'existe plus. Sa construction datait vraisemblablement de la même époque que le pont de Comblain. Il a été emporté par les débâcles de l'Ourthe et réparé à plusieurs reprises.

Sur la pile et les deux culées qui subsistent encore, on a mis, en l'an V, un tablier en bois, impraticable pour les voitures ; on l'a depuis entretenu et renouvelé, et un second petit pont en bois est établi sur les bas-fonds de la rive droite, pour assurer les communications des deux rives.

Pont d'Esneux. — En remplacement de l'ancien pont, qui était en pierre, composé de neuf arches n'ayant chacune que 4^m d'ouverture, et qui, élevé en l'année 1780, avait été emporté par les glaçons dans la débâcle de 1782, on

desquelz doibvent l'entretenance du pont à Comblen, du *xij* du mois de décembre au *xve lyj*, » montre que ce ne sont pas les familles fondatrices, mais les *terres*, qui étaient tenues aux réparations, en sorte que, selon les époques, les mutations dans la propriété en introduisaient de semblables dans la composition des sociétaires.

On trouve des états de réparations et des quittances pour travaux faits, qui se rapportent à des dates assez rapprochées les unes des autres ; il y en a de 1657, 1662, 1663, 1664, 1699, 1712, 1767, 1778, etc.

Ce n'était pas toujours néanmoins de leur propre mouvement que les concessionnaires se portaient à remplir les conditions de leur octroi.

Le 30 novembre 1754, sur les plaintes multipliées qui lui étaient parvenues, le prince-évêque, par ordonnance datée de son *abbaye impériale de Stavelot*, autorise *son officier du dit lieu* à contraindre *par toutes les voies les plus sommaires*, tous possesseurs des *biens sujets à la réparation d'iceluy*, à s'acquitter de leur devoir *en* cet égard.

Aux mois de mars et d'avril 1767, après une expertise et une visite des lieux par la cour du ban de Comblain, des réparations ont été ordonnées et les frais répartis entre les sept familles qui avaient la recette des péages, ainsi qu'il résulte d'un *besoigné* du 28 mars, et d'un autre du 23 *may ensuyvant*.

Le 25 novembre 1778, M. Jean-Louis Flagothier, officier lieutenant du ban de Comblain, fait dresser, par le notaire Delbrouck, un acte par lequel on voit « comment les *parsonniers* du pont du dit Comblen, après diverses *admonitions amicales*, négligeroient constamment d'y faire les réparations nécessaires, etc. »

De leur côté, les concessionnaires ont aussi été obligés parfois de s'adresser au prince. Dans une « requête des *intéressés* contre les passans estrangers qui sont assez osez *que* de refuser opiniastrement de payer à leur commis

en fait un dont les piles et les culées sont hors d'eau [1]. La culée de droite a présenté des difficultés d'exécution, à cause de l'abondance des eaux qui arrivaient dans les travaux, lors des fouilles nécessaires à l'établissement des fondations.

Commencé à la fin de 1840, le pont en construction sera probablement terminé dans l'automne de 1843.

Il se composera de trois arches, de 20m d'ouverture chacune; sa longueur totale est de 65m, sa largeur de 5m entre les têtes, et son débouché total de 60m.

Sous la première arche de droite, et le long de la culée, est pratiqué un chemin de halage de 2m de largeur.

Pont de Tilf. — Ce pont n'est encore qu'en projet.

Il consisterait en un tablier de bois jeté sur le bras de gauche, qui est navigable, et reposant sur un barrage inachevé, composé de deux culées et de trois piles distantes de 5m l'une de l'autre, ayant 8m de longueur de l'avant-bec à l'arrière-bec, 2m d'épaisseur et 5m d'élévation. Les trois piles, construites en briques et toutes dégradées, seraient remplacées par une seule pile en pierre de taille.

La largeur serait de 5m : 3m pour les voitures, et, de chaque côté, pour les piétons, un trottoir de 1m, avec garde-corps en fer.

La longueur serait de 26m et le débouché de 24m.

Il se continuerait par un tablier sur l'écluse du barrage, large de 2m70, et sur le petit barrage du bras de droite, qui en a 19.

et préposé les droits leur *compettans*, » en date de l'année 1712, ils exposent leurs griefs et demandent justice.

Une lettre de M. le baron de Vien, du 13 avril 1766, contient ce passage, conforme, en effet, au record de 1454 : « J'ay entendu dire de feu M l'eschevin Harzée, que les manans estoient obligés à élever les arches un braier hors de l'eau, si j'ay la mémoire bonne, et puis que l'obligation du reste estoit pour tous les *portionnés.*» — *Ibid.*

[1] En l'an VI, il restait encore trois piles du pont de 1780, et les débris des autres, qui étaient à fleur d'eau, rendaient le passage très-difficile. *Archives de la province de Liége. — Procès-verbal de visite*, etc.

Ce dernier barrage est formé de 2 culées et de 2 piles, distantes de 5m, dans un bon état de conservation ; il suffirait de les rejointoyer, et, en les relevant de 0m50 à 0m60, de les porter à 4m50 au-dessus des basses eaux. Dans cette partie, le pont aurait 19m de longueur et 15m de débouché.

Enfin il traverserait le bief de l'usine de la Vieille-Montagne, sur une longueur de 12m.

Une chaussée relierait entre elles ces diverses parties de pont, et un chemin de halage serait élevé le long de la rive gauche du bras navigable.

La concession de ce travail a été demandée en 1842.

Pont de Chênée. — Le pont de Chênée, construit pour le chemin de fer, est aujourd'hui, après de graves accidents survenus durant l'exécution, entièrement achevé.

Il est en pierre, de trois arches égales surbaissées, ayant chacune 16m d'ouverture ; il présente par conséquent aux eaux un débouché de 48m, à la naissance des voûtes. La largeur entre les têtes est de 12m50 et comprend une chaussée pour passage public.

Il se continue dans la vallée d'Angleur par vingt-quatre arcades, dont douze pour conserver constamment libres les communications à l'intérieur de la fabrique de zinc, et les douze autres pour l'écoulement des eaux d'inondation.

Un chemin de halage en maçonnerie longe la culée de gauche, sous la première arche ; il y en a un aussi le long de la culée de droite.

Ce pont et celui d'Esneux sont les seuls sous lesquels des chemins aient été ménagés pour le service du halage.

Vieux pont de la Boverie. — Il y a deux ans, ce vieux pont, jeté sur le bras navigable auprès de son embouchure dans la Meuse, était en pierre. La première construction datait de très-loin. Ruinées par le temps et par les glaces, ses deux arches ont été remplacées par deux travées en charpente, longues chacune de 7m10, à 4m20 au-dessus des basses eaux.

Pont d'Amercœur. — Les ponts sur l'Ourthe dans le quartier d'Outre-Meuse sont, pour la plupart, très-anciennement établis, et vraisemblablement leur origine se confond avec celle de la ville de Liége.

Celui de la porte d'Amercœur existait au XIII[e] siècle; car à cette époque, Wathieu de Hombroux était *sénéchal du pont d'Amercœur* (1).

Au quinzième siècle, il était en pierre, composé de trois arches; l'on voit dans Guichardin deux tours sur la culée de gauche, et une porte avec deux tourelles sur la première pile du même côté.

Il avait été réparé aux frais de la ville en 1546 (2); mais ces réparations n'ont probablement pas été suffisantes, et les hautes eaux du mois de février 1571 l'ont emporté.

Le pont qui l'a remplacé était déjà fort délabré en 1642 (3); on y a fait d'importantes réparations en 1643, 1650, 1676 et années suivantes (4); cependant il n'avait pas acquis, par ces travaux successifs, assez de solidité pour résister à la violence des eaux et des glaces, qui, dans la débâcle de 1740, le renversèrent.

(1) Cette désignation se rapportait à une partie de la cité de Liége; mais, par cela même, le pont existait.

(2) *Litt. Civ.* 1546, 13 *septembris.—Consilium juris resolutum*, etc.— *Leodii, typis Christiani Ouwerx*, 1644.

(3) Le 5 août 1642, quatre membres du conseil de la cité sont nommés « pour faire la visitation du pont des Arches et du pont d'Amercœur, qui menacent presque ruine, s'il n'y est au plus tôt remedié. » *Archives de l'hôtel de ville*, *à Liége*.

(4) « Sur information que le pont d'Amercœur est en grand danger de tomber en ruine, sy on vient à negliger d'y remedier promptement, » le conseil nomme des députés, le 18 janvier 1677, pour aviser aux réparations nécessaires et les faire effectuer. *Archives de l'hôtel de ville*, *à Liége*.

Le 24 juillet de la même année, « attendu la necessité evidente de faire reparer le pont d'Amercœur auant l'hyuer, pour euiter sa cheute, autrement infaillible, par laquelle ceste cité seroit entierement incommodée, auons ordonné et ordonnons de faire trauailler incessamment à la reparation susdite, à quel effect auons, etc. » *Ibid.*

Le 2 octobre suivant, les députés du conseil sont autorisés par lui à acheter les bois propres à cette réparation. *Ibid.*

Il a été reconstruit des deniers de la ville (1), en 1741, tel que nous le voyons aujourd'hui, avec trois arches ayant respectivement d'ouverture 12^m, 14^m20 et 12^m.

C'est au passage de ce pont que les bateaux de l'Ourthe et de la Vesdre acquittaient les droits, et une adjudication des péages, en 1486, montre que la navigation se faisait alors par le bras d'Amercœur (2).

Pont de Bêche. — Décidé en l'année 1538, il a été construit en bois (3), et de nombreuses réparations l'ont successivement modifié.

Il a été reconstruit à plusieurs époques, et, pour la dernière fois, en 1835.

Pont de la Boverie.—Il a cinq arches, quatre sur la Meuse et une sur l'Ourthe; leurs ouvertures respectives, à partir de la rive gauche de la Meuse, sont de 24^m pour chacune des quatre sur le fleuve, et de 20^m pour la cinquième, qui est sur l'Ourthe (4).

Pont St.-Nicolas. — L'existence d'un pont en ce point date

(1) « En l'assemblée des S^rs. composants la chambre St.-Jean-Baptiste, tenue specialement ce seizième avril 1741, ayant vu la proposition nous presentée ce jourd'hui par MM. les Bourgmestres Regents et Conseil, au sujet de la reparation et l'edification du pont d'Amercœur, avec la permission de S. A. en date du 15 courant, sommes d'avis qu'il convient que le dit pont soit rebâti de pierre, et cela le plus tôt possible, à quel effet autorisons MM. les Bourgmestres et Conseil pour qu'ils puissent prendre à frais une somme d'argent convenable et proportionnée à l'entreprise, les requerrant tres humblement d'etre servis de prendre les mesures necessaires pour la construction d'iceluy, afin que pareil malheur n'arrive plus. » *Ibid.*

(2) *Litt. Civ.* 1486, 16 *octobris.— Consilium juris*, etc.

Dans Guichardin, on voit un bateau qui se dirige vers le pont d'Amercœur.

(3) *Contractus per Civitatem factus cum latomo, super construendo ponte et turri in loco* De Beche. — *Litt. Civ. de ann.* 1538, 9 *maii. Ibid.*

On voit dans Guichardin, par conséquent en 1582, la tour et le pont de bois.

(4) Un arrêté royal du 27 décembre 1834 a autorisé l'établissement de ce pont, moyennant une concession de péages durant 59 ans et 6 mois, qui devaient prendre cours le 27 janvier 1837, lors de l'achèvement. La mauvaise qualité des matériaux et les vices de construction ayant obligé le gouvernement à le faire démolir, un autre arrêté royal, du 4 août 1841, prolonge la durée de la concession, qu'il porte à 75 ans, à partir du jour où le nouveau pont sera livré à la circulation, ce qui aura lieu très-prochainement.

d'aussi loin que la chaussée des Prez. Le pont actuel, en pierre comme ceux qui l'ont précédé, a trois arches, une de 11^{m}10 d'ouverture, la deuxième de 10^{m}60 et la troisième de 13^{m}50 (1).

Pont St.-Julien. — Évidemment aussi ancien que le pont St.-Nicolas, il se compose d'une seule arche plusieurs fois reconstruite. Des réparations ont eu lieu en 1825, et la voûte, qui avait été refaite entièrement dans le siècle dernier, a été consolidée, en 1839, par un cintrage qui subsiste encore. Elle a 10^{m} d'ouverture (2).

(1) Au-dessous de la caserne des écoliers, un bras de la Meuse vient se jeter dans le Barbou, et sur ce bras est un pont de bois nommé *Pont de Gravioule*, très-anciennement établi et maintes fois reconstruit ou réparé.

(2) Sur la Rivelette, dont les deux bras réunis passent sous le pont St.-Julien, sont trois autres ponts, aussi d'une seule arche et en amont. Ils ne sont pas moins anciens :

Le *Pont des Remparts*, le premier à partir du quai de l'Ourthe, a été réparé en 1820; sa voûte a été remplacée par un tablier en bois, à 3^{m}90 de hauteur moyenne, avec 3^{m}75 d'ouverture;

Le *Pont de Brique* ou *Pont du Rateau* est le second : il y a 4^{m}10 entre les pieds droits;

Le troisième est le *Pont de Pierre*; par de récentes réparations, il a reçu un tablier en charpente. Sa longueur est de 6^{m}30; il a 4^{m}10 entre les culées et 3^{m}60 de hauteur totale.

Il peut y avoir eu autrefois sur l'Ourthe des ponts qui ne soient pas indiqués ici, et dont le souvenir même est effacé. La Meuse est beaucoup plus connue, les documents qui la concernent sont en grand nombre et remontent très-haut; néanmoins je n'ai vu mentionné nulle part un pont de bois à l'aval du pont des Arches, vers le milieu de XVIIe siècle, et l'existence en est constatée par un bail qui repose aux archives de la province de Liége : il est inscrit dans le *Répertoire de la chambre des finances*, de 1267 à 1744.

En 1645, le conseil de la cité a établi un pont de bateaux, immédiatement après la chute du pont des arches; le pont de bois l'a-t-il été ensuite, pendant la construction du pont de pierre actuel, et jusqu'à son achèvement en 1657 ? C'est ce que j'ignore. *Stuit du pont de bois extant sur la Batte dessoubs le pont des Arches*, le 26 octobre 1649. *Ibid.*

II.

NAVIGATION.

LIT DE LA RIVIÈRE. — CHEMIN DE HALAGE. — COURANTS. — BARRAGES ET PERTUIS.

§ 1. — *Lit de la rivière et chemin de halage.*

Lorsque les hauts-fourneaux au bois avaient encore quelque activité, les bateaux d'Ourthe remontaient jusqu'à Mabonge et Bérimesnil, à 10 et 12 kilomètres au-dessus de La Roche, pour prendre du charbon provenant des bois qui couvrent cette partie élevée du Luxembourg. Ils en descendaient avec des chargements de 10 à 12 tonneaux. Il y avait des années où les eaux se maintenaient à une hauteur suffisante pour que cette navigation se fît pendant deux et trois mois, quelquefois beaucoup plus longtemps; mais il arrivait aussi qu'elle était complétement impossible durant une année entière, soit à cause de trop fortes crues, soit à cause de trop grandes sécheresses.

Un obstacle en toute saison, c'est l'absence absolue de chemins de halage, à l'amont et à l'aval de La Roche. La rivière est entièrement abandonnée à elle-même : elle se jette à travers sa vallée, tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, et passe perpétuellement du pied des rochers de gauche au pied des rochers de droite, presque toujours également escarpés.

Jusqu'à Barvaux, le halage se fait alternativement sur les deux rives, souvent au milieu de la rivière, lorsqu'il n'est praticable sur aucun des deux bords, et, de La Roche à Jupille, distance de cinq à six kilomètres, il change six fois

de rive. Rien ne le détermine : le batelier choisit comme il peut et selon l'occurrence.

La plupart des chemins vicinaux qui, çà et là, cotoient la rivière, sont des chemins détestables. Il y en a toutefois d'assez bons, et presque tous, s'ils étaient entretenus, pourraient être excellents à peu de frais, attendu qu'ils sont sur le roc.

Jusqu'en 1838, par les soins d'un négociant de La Roche qui faisait enlever les pierres et nettoyer le lit, la rivière était facile en temps ordinaire, de cette ville à Hotton, et pendant la durée des eaux moyennes; la navigation, même par les basses eaux, n'y était jamais complétement interrompue. Ces travaux peu dispendieux s'effectuaient au moyen d'une faible retenue de 5 à 6 francs que supportaient, sans se plaindre, les bateliers dont les intérêts étaient si bien entendus par celui qui la leur faisait subir.

Cependant, en général, la navigation cesse, dans ce parcours, à dater du mois de mai, pour ne reprendre qu'en octobre, et elle ne devient possible en été qu'à la suite de très-grandes pluies.

La véritable navigation de l'Ourthe ne commence qu'à Durbuy, ou, pour mieux dire, à Barvaux.

C'est à Barvaux que, pour la première fois, en descendant de La Roche, on trouve des rivages, un port de chargement, des bateaux en charge ou en partance, et c'est le point le plus élevé de la rivière où l'on ait, à peu près tous les jours, la possibilité de faire des envois sur Liége.

La distance, par la voie de terre, de Barvaux à Liége, n'est que de huit lieues; elle est de onze lieues par l'Ourthe. Dans les eaux ordinaires, ce qu'on appelle les bonnes eaux, un bateau chargé de cinq à six tonneaux met un jour pour faire le trajet; dans les basses eaux, la charge diminue beaucoup : elle se réduit souvent à 1500 kilogrammes, et parfois s'abaisse encore davantage; dans les hautes eaux navigables, elle s'élève de 11 à 12 tonneaux, et la descente s'opère en

4 ou 5 heures. Mais ces belles eaux n'ont qu'une courte durée.

La remonte, en toute saison, ne se fait guère qu'en deux jours.

Les retards qu'éprouve la navigation en descente proviennent, en grande partie, de l'incurie des riverains, qui laissent corroder leurs héritages, sans opposer aucun ouvrage, aucune défense, aux envahissements des eaux ; il en résulte que le chemin des bateaux varie sans cesse, et qu'il est la plupart du temps obstrué. Les alluvions étant alternativement détruites et renouvelées sur les mêmes points, le thalweg est continuellement déplacé.

En remonte, le chemin de halage se termine à Barvaux, et il est presque partout dans le plus misérable état. Il serait cependant facile de le rendre bon : il suffirait peut-être pour cela de faire exécuter les règlements sur la servitude ; les propriétaires seraient alors plus empressés de se défendre contre les corrosions, et cela seul améliorerait déjà considérablement le chemin de halage, que des travaux peu coûteux perfectionneraient.

A Hotton, par exemple, on ne saurait comprendre la négligence des propriétaires de la rive gauche, en amont du pont : des pierres d'excellente qualité abondent sur les lieux, et cela n'empêche pas que les jardins ne soient entamés tous les hivers par les hautes eaux, contre lesquelles la défense est des plus faciles.

Si le halage empiétait chaque année de quelques mètres sur ces jardins, leurs possesseurs y regarderaient de plus près.

De Barvaux à Sy, le chemin de halage est sur la rive gauche ; à l'aval, il est interrompu par la *Roche à la Planche*, énorme rocher qui descend presque verticalement jusqu'au fond de l'Ourthe, dans une partie où elle a beaucoup de profondeur.

A cent ou cent cinquante mètres plus bas, il se rétablit sur la rive gauche, un peu au-dessus de la *Roche noire*, où il est trop élevé, trop étroit et très-difficile.

Il se continue sur la même rive jusqu'à Poulseur, et passe alors sur la rive droite jusqu'à Hony.

De Hony à Méry, il revient à la rive gauche, reprend la rive droite de Méry à Tilf, puis la rive gauche jusqu'à Colonster, où il repasse sur la droite, pour se poursuivre sur la gauche de Campana à Chênée et de Chênée aux Grosses-Battes ; de là à Froidmont, il retourne à la rive droite; de Froidmont à la Hamaide des tanneurs, il revient à la rive gauche, et de la Hamaide à la Boverie, sur la rive droite : de la Boverie à Liége, il est sur la rive gauche.

Tel qu'il est aujourd'hui, le chemin de halage a été amélioré en plusieurs points par la société du Luxembourg : à Bomal, sur une assez grande longueur ; à Palogne ; à Sy, par un beau péré à hauteur, ayant, au moyen d'excavations dans la roche, 4^{m} de largeur en couronne ; à Fairon, à Comblain et ailleurs encore.

Mais les travaux commencés en lit de rivière par cette société, inachevés au milieu des eaux, ne se sont pas conservés comme ceux qui ont été faits sur la rive, et, par leur position même, ils sont devenus des écueils dangereux. Chaque crue emporte une partie des piles des barrages, des bajoyers des écluses, et ces ouvrages, gravement endommagés par les derniers hivers, sont des causes de péril de plus en plus grand. Tout ce qui est encore debout chancelle et menace ruine, et déjà nombre de bateaux ont péri, hommes et marchandises, en se heurtant contre des constructions entreprises dans un autre but ([1]).

Les bateliers seraient satisfaits si le halage, continué sur la

([1]) « Entre Liége et Barvaux, on rencontre une quantité assez considérable d'ouvrages d'art, particulièrement des piles et des culées de déversoirs ; ces ouvrages sont inachevés, et par conséquent livrés à toutes les causes de dégradation. Situés souvent dans le lit même de la rivière, et sans relations convenables avec les eaux de navigation, ils forment des jetées ou des écueils, suivant la hauteur des eaux, et rendent la navigation encore plus difficile qu'autrefois, souvent périlleuse et quelquefois même impossible. » *Des voies navigables en Belgique;* par M. Vifquain, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées. Bruxelles, 1842.

rive gauche depuis Barvaux jusqu'à Poulseur, ne passait que là sur la droite, et qu'il s'y maintînt jusqu'à Colonster, ou seulement jusqu'à Tilf. De trop fréquents changements de rive sont une source de frais et une cause de danger; mais le passage d'une rive à l'autre, par intervalles un peu éloignés, est néanmoins nécessaire; les mêmes chevaux ne pourraient pas soutenir longtemps le halage sur la même rive, surtout lorsqu'ils doivent faire de grands efforts : ils seraient promptement hors de service ([1]).

La navigation est retardée encore par les détours de la rivière, notamment au-dessous de La Roche, à Jupille, à Bohon, à Sy, et surtout à Esneux, où le circuit est d'environ 6,000^m; mais, si l'on considère la pente des eaux, il est peut-être à regretter que l'Ourthe, dans son état naturel, ne fasse pas de plus grands détours.

§ 2. — *Courants.*

Un obstacle très-grave à la remonte, qui serait, du reste, une facilité pour la descente, s'il y avait plus d'eau, ce sont les courants rapides et multipliés sur des baissiers ou bas-

([1]) En remonte, la navigation de l'Ourthe se fait quelquefois par couplage et par trains.

C'est ce qui se pratique toujours sur la Meuse, où les trains de trois bateaux sont les plus avantageux à la navigation.

Dans les bonnes eaux, par exemple, où dix-huit chevaux sont nécessaires pour remonter un train, il en faudrait au moins dix pour chaque bateau isolément. La raison en est simple : les courants les plus forts ont rarement plus que la longueur d'un grand bateau; l'effort des chevaux ne s'exerce en conséquence que sur un à la fois, d'abord sur le premier seul, les autres ayant encore de *l'élan* lorsqu'il est dans l'endroit le plus rapide, et c'est successivement que chaque bateau devient l'objet du même effort, vers la tête du courant qu'il s'agit de franchir.

Trois bateliers suffisent pour un train de trois bateaux, et ils aiment mieux en conduire trois qu'un seul, parce que, les deux derniers étant attachés sur l'avant du premier et en dehors, leur effet est de rejeter au large la tête du train et de faciliter ainsi l'action du gouvernail.

A chaque changement de rive, il faut changer les amarres, pour qu'elles se trouvent toujours du côté opposé à la rive de halage, et ces manœuvres sont autant de retards dans la marche des bateaux.

fonds, souvent très-étendus, qui proviennent de la pente du lit et de la nature du terrain dont il est formé. L'Ourthe, comme toutes les rivières à fond de gravier, qui coulent dans des vallées profondes entre les roches, se compose de bassins, ou, selon l'expression des bateliers d'eau d'Ourthe, de *goffes*, où l'eau a de la profondeur sans aucune vitesse, et de maigres recouverts d'une faible tranche d'eau, où parfois le courant est d'une excessive rapidité (1).

(1) La formation, et surtout la permanence de ces maigres et des goffes que deux maigres consécutifs déterminent entre eux, est un phénomène des plus remarquables.

J'ai déjà tâché d'établir, en m'appuyant d'autorités assez imposantes, que, sur toutes les rivières à fond de gravier, le charriage des pierres, cailloux roulés et sédiments graveleux, n'a lieu qu'à de petites distances, et mes observations particulières ne m'ont laissé aucun doute à cet égard, en ce qui concerne l'Ourthe et la Meuse : dans ces deux rivières, le gravier qui s'accumule sur les barres est détaché et entraîné de la rive d'amont, lavée par le courant rapide des hautes eaux. — *Des travaux du Rhin ;* par M. Defontaine, ingénieur en chef des ponts et chaussées. *Annales des ponts et chaussées, t.* VIII. Paris, 1833. — *Recherches et considérations*, etc; par Cl. Deschamps, inspecteur général des ponts et chaussées. Paris, 1834. — *Traité d'hydraulique* ; par J. F. D'Aubuisson. Paris, 1840. etc., etc.

« Si les bancs de gravier que nous voyons surgir dans le lit des rivières provenaient des régions supérieures, ils devraient se déposer de préférence dans les biefs où la profondeur d'eau est considérable et la vitesse faible, ce qui tendrait à faire disparaître les rapides que l'on observe de distance en distance sur la plupart des rivières, et à en régulariser la pente. Or, cet effet ne se produit point. On trouve des bassins creusés dans le rocher, dans lesquels il ne s'arrête pas un caillou, tandis qu'en amont et en aval, sur des points où la vitesse est plus forte, on aperçoit une multitude de bancs de graviers. » *Mémoire sur le régime des rivières à fond mobile et sur la défense de leurs rives* ; par MM. Legrom et Chaperon, ingénieurs des ponts et chaussées. *Annales des ponts et chaussées*, *t.* XXII. Paris, 1838.

« Un autre effet inévitable du dépôt des graviers, si les cours d'eau les amènent depuis leur source et les abandonnent quand la vitesse n'est plus capable de les mettre en mouvement, c'est l'exhaussement général du fond par rapport aux rives latérales. Nous ne connaissons pas d'observations positives qui autorisent cette opinion, tandis que nous pouvons citer des faits qui la combattent. Ainsi, par exemple, si le lit d'une rivière s'exhausse, il est naturel d'admettre qu'il s'exhausse sur toute sa longueur, sans quoi le régime subirait, dans une période assez courte, des modifications capitales que l'on ne pourrait manquer d'apercevoir. Lors donc que l'on rencontre sur un cours d'eau des biefs creusés dans le rocher, le tuf, l'argile compacte, ou toute autre matière d'une formation ancienne, et qu'aucun banc de gravier ne recouvre le fond, on peut affirmer que le fond ne s'exhausse pas. Cette cir-

Dans les hautes eaux, et même dans les eaux moyennes, cette distinction n'a plus lieu : les courants perdent de leur force, et la vitesse s'accélère dans les goffes ; c'est alors que la descente de Barvaux à Liége peut s'effectuer en moins de cinq heures.

Sur les maigres de l'Ourthe, il n'y a pas plus de 0^m15 à 0^m20 en basses eaux ; on y trouve de 0^m40 à 0^m60 dans les eaux moyennes, et jusqu'à 0^m90 dans les hautes eaux navigables ; mais les bateliers n'osent pas toujours profiter de ce mouillage, surtout en remonte, dans la crainte qu'une décrue trop soudaine ne les contraigne à laisser en route une partie de leur chargement.

Les principaux courants de ce parcours, et les plus difficiles, sont : la petite Bomal ; Palogne, au droit du vieux château ; La Roche noire ; Heidelet, commune de Hamoir ; Hamoir, en amont et en aval du pont ; l'amont de Fairon ; l'amont et l'aval de Comblain-la-Tour ; en aval de Comblain-au-Pont ; Léliotte ; Chanxhe ; Poulseur ; au Ris d'Honeux ; les Trois Couronnes, à l'amont d'Esneux ; à l'île d'Houbaille, en aval du même village ; au Féchereux ; Méry ; Tilf ; Colonster ; Sauwheid ; Froidmont et la Boverie.

La vitesse, la profondeur, la largeur et la longueur de ces courants, sont consignés dans le tableau ci-après.

constance se présente sur presque toutes les rivières et elle nous paraît d'un grand poids. » *Ibid.*

Sans doute, avec le temps, le gravier passe d'une barre à l'autre ; mais ce mouvement ne s'opère que peu à peu, successivement, à la longue et avec lenteur.

Principaux courants de l'Ourthe, entre Liége et Barraux.

DÉSIGNATION	DATE de L'OBSERVATION.	VITESSE au milieu du courant de surface.	VITESSE moyenne.	Tirant d'eau à l'étiage.	LARGEUR.	LONGUEUR.	Hauteur des eaux par rapport à l'étiage.	OBSERVATIONS.
		Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.		
Petite Bomal.	24 juillet.	3,00	2,62	0,30	9	280	0m12 au-dessus de l'étiage.	Les eaux étaient à 0m03 au-dessous du zéro de l'échelle de Chênée, qui correspond à un niveau de 0m15 au-dessus de l'étiage annuel de la rivière (1, § 2).
Palogne	Id.	2,44	2,10	0,32	12	50		
La Roche noire	Id.	2,52	2,17	0,16	18	125		
Heidelet	Id.	3,00	2,62	0,23	11	50		
Amont du pont de Hamoir. .	25 juillet.	3,08	2,68	0,18	14	75	0m10 au-dessus de l'étiage.	
Aval du même pont	Id.	3,15	2,74	0,20	11	230		
Fairon.	Id.	3,27	2,84	0,30	9	120		
Amont de Comblain-la-Tour.	Id.	3,00	2.62	0,20	10	100		
Aval du même village . . .	Id.	3,83	3,28	0,30	9	155		
Comblain-au-Pont.	Id.	2,48	2,14	0,18	10	170		Ce courant, au confluent de l'Amblève, en est la continuation.
Léliotte	Id.	2,44	2,20	0,15	10	35		
Chanxhe	Id.	3,60	3,10	0,35	15	100		
Poulseur	26 juillet.	2,85	2,48	0,20	15	140		
Ris d'Honeux.	Id.	2,40	2,06	0,31	14	80	0m12 au-dessus de l'étiage.	Ce courant est beaucoup plus fort à l'étiage, époque à laquelle il n'a pu être mesuré.
Les Trois Couronnes. . . .	Id.	1,95	1,65	0,18	11	150		
Ile d'Houbaille.	Id.	3,38	2.92	0,38	18	70		
Féchereux	Id.	3,46	2,99	0,18	15	100		
Méry	Id.	2,52	2,17	0,25	9	150		
Tilf	Id.	3,34	2,90	0,18	18	80		
Colonster.	Id.	2,10	1,79	0,18	12	100		La vitesse de ce courant, très-sensible à l'étiage, était très-modérée le 26 juillet, à 0m12 au-dessus de l'étiage.
Sauwheid.	Id.	»	»	»	»	»		
Froidmont.	Id.	2,18	1,86	0,21	18	110		
La Boverie	Id.	»	»	»	»	»		Même observation.

Si l'on récapitule ce tableau, en doublant le chiffre pour les courants de moindre importance, qui sont encore assez nombreux, on trouve que, de Barvaux à Liége, sur une longueur développée de 54,192^m, l'étendue totale des gués ou hauts-fonds de l'Ourthe est d'environ 5,000^m, et que celle des mouilles ou goffes où il y a plus de 0^{m}80 de mouillage en basses eaux, est de 48 à 49,000^m.

§ 3. — *Barrages et pertuis.*

Plusieurs de ces courants se montrent à l'aval des digues de barrage établies sur la rivière pour favoriser les usines qui bordent son cours, et y amener l'eau qu'elles détournent ainsi du chenal navigable.

Les digues de barrage sont construites en pilotis, avec vanage en pierres plates, et le pertuis ouvert dans chacune d'elles est garni d'un radier, avec grillage en charpente, dont l'inclinaison est d'environ 40 degrés.

Si la navigation éprouve des entraves de cette multitude de pertuis, elle en retire aussi de notables avantages, par l'augmentation de mouillage qu'ils procurent aux bateaux.

On compte dix-sept barrages avec pertuis de navigation sur tout le cours de l'Ourthe. Les maîtres d'usines qui les ont construits, dans leur seul intérêt et pour leur usage propre, n'ont pas toujours placé le pertuis dans la partie la plus convenable pour le passage des bateaux, et il se trouve souvent à une trop grande distance des rives, inconvénient qui disparaît à la descente, mais qui est très-sensible à la remonte : elle ne s'opère qu'à grand'peine, à force de chevaux, avec des cordes et des poulies de renvoi.

Plusieurs digues de barrage ont été successivement exhaussées, au grand préjudice de la navigation, qui doit franchir

des pertuis plus rapides, à l'aval desquels il n'y a presque pas d'eau(1).

Les moulins dont il s'agit sont situés : à La Roche, en amont de la ville; à Jupille; à Bardonwez; à Hampteau; à Hotton, l'un en amont, l'autre en aval; à Monville; à Noiseux; à Eneilles; à Petit-Han; à Durbuy; à Bohon; à Barvaux; à Tilf; à Colonster; à Campana et aux Grosses-Battes(2).

Il y a un moulin à Marcourt, au-dessous de Jupille; mais il ne sert pas à la navigation.

Les gords, qui barrent la rivière en divers endroits, du côté de La Roche, à Hotton, à Monteuville, à Bohon, à Barvaux, à l'amont de Comblain, près d'Esneux et ailleurs, produisent, à quelques égards, l'effet des barrages : *ils rendent de l'eau* dans le chemin des bateaux ; mais ils produisent aussi des effets tout contraires, et parfois ils détournent l'eau dans les parties où il y en a le moins. En total, ils sont une gêne pour la navigation, et ils détériorent le lit par les attérissements qu'ils provoquent.

(1) Le défaut d'eau à l'aval est l'effet infaillible d'un pertuis.

Sur l'Yonne, dont la navigation se fait aussi à l'aide de pertuis disposés de distance en distance, mais qui, loin d'être abandonnée comme celle de l'Ourthe, est l'objet des plus grands soins, on creuse une fosse profonde pour recevoir les bateaux et les trains à leur sortie du pertuis. «Un pertuis, ayant été construit anciennement, sans qu'on ait eu la précaution de lui faire une fosse, les trains s'y roulaient sur eux-mêmes, à peu près comme on pourrait rouler un matelas, et on a été obligé, après coup et avec de grandes dépenses, de réparer cette omission. » *Notice sur le pertuis de Bélombre ;* par M. Boucher de la Rupelle, ingénieur en chef des ponts et chaussées. *Annales des ponts et chaussées*, *t.* XVII. Paris, 1836.

(2) Des digues de barrage ont existé sur la Meuse, et même à l'avantage de la navigation de ce fleuve.

On s'est étonné, par exemple, que le canal de la Sauvenière, dans la traverse de Liége, ait cessé d'être navigable en temps d'étiage; on avait oublié que sa pente n'était autrefois suffisante pour l'écoulement des eaux en toute saison, qu'au moyen de la digue de barrage du moulin de St.-Jacques, située vis-à-vis des Augustins, et que cette pente, affaiblie par les attérissements d'aval, devait disparaître par la démolition de la digue, qui a eu lieu en 1806.

III.

ÉTAT ANCIEN DE L'OURTHE.

PRINCIPAUTÉ DE LIÉGE.

---

§ 1. — *Législation.*

Les mesures prises par les princes-évêques pour établir la police et favoriser la navigation de l'Ourthe, sont consignées dans de nombreux documents historiques, le plus ancien desquels est le *Record general des riuieres*, *du* 23 *may* 1547, qui, par la généralité même de ses dispositions, s'appliquait à toutes les rivières navigables du pays ; l'édit du 23 mars 1658 n'a pas moins de généralité, puisqu'il s'applique à tous les chemins, et qu'il oblige les possesseurs des héritages voisins *aux* chemins et voies publiques *à la reparation et maintien d'icelles en bon état ;* il renferme néanmoins une clause pour les rivières, et, en ordonnant de réparer les chemins de halage, il ajoute : « soubs peine, pour ceux qui seront en defaut, qu'il sera permis à un chacun de passer sur les heritages voisins des chemins rompus non reparez, sans estre en rien tenus aux proprietaires, avec la liberté d'abattre et couper les arbres qui sont le long du chemin, pour rendre le passage meilleur et sans empeschement pour la navigation. »

Mais il existait une législation plus spéciale pour l'Ourthe, et les mandements principaux qui la constituent, sont ceux dont la publication au Perron de Liége et la mise en garde de loi, ont eu lieu sous les dates suivantes : 14 juin 1653 ; 9 juin 1653 ; 30 juillet 1685 ; 26 août 1715 ; 22 septembre 1736 ; 3 avril 1751 ; 19 juillet 1765 ; 6 septembre 1779 ; 27 janvier 1781.

Les règles à suivre par les riverains et par les propriétaires d'usines, dans l'intérêt de la navigation, sont nettement tracées dans ces divers actes ; aussi ne sont-ce pas des pièces seulement bonnes à connaître pour une vaine satisfaction de curiosité, elles sont, de plus, utiles à plusieurs égards : celles de leurs prescriptions qui n'ont rien de contraire à la loi nouvelle, obligatoires encore sous le gouvernement français, n'ont vraisemblablement rien perdu de leur force aujourd'hui, et cette législation doit avoir encore toute sa vertu, soit qu'elle ordonne *très-sérieusement* de se conformer à la servitude de halage, soit qu'elle défende de *se présumer* de faire aucun ouvrage contraire au libre écoulement des eaux.

§ 2. — *Lit de la rivière.*

Le mandement du 10 décembre 1652, mis en garde de loi le 14 juin suivant, et rendu « sur diverses plaintes *des longtemps continues*, par les marchands, bateliers et autres personnes, de ce que le cours de la riuiere d'Ourthe serait totalement deterioré, changé et alteré, » contient, dans son préambule, ce passage remarquable : « uoulant de notre authorité principalle, comme il est de nos regaux et de nostre charge, pouruoir maintenant et pour toujours à la liberté de la navigation et du commerce, qui rend les citez et les villes florissantes, et à cet effet faire cesser les usurpations des particuliers, qui n'ont pu vaillablement faire chose aucune au préjudice de cette liberté de la riuiere, nous auons, etc.»

Suivent les dispositions.

Les deux premières et les plus importantes, sont ainsi conçues :

« Nous ordonnons et commandons à tous maistres et possesseurs des moulins, forges, fourneaux et autres usines

érigées sur icelle riuiere, de remettre promptement au pied de leurs limites et clawiers originelles et primitives, les retenues des eaux et bys de leurs usines, en telle maniere que tout peril, incommodité, retardement et difficulté du passage des bateaux, vienne à présent et pour toujours à cesser.

« Secondement, qu'ils ayent à retirer et eloigner du lit de la riuiere, tous excrements de leurs forges et fourneaux, laitins, tregus et toutes autres immondices qui pourraient emplir le lit de la riuiere, et nuire, tant à la navigation qu'à la fertilité des eaux et aux moulins inferieurs, sans desormais attenter ou permettre que leurs ouvriers viennent à amonceler tels excrements et immondices au bord de la riuiere, moins les y jeter, veu que l'experience a fait voir que les desbordements viennent à les emporter, remplir le lit et alterer le cours des eaux. Et d'autant que la riuiere s'en trouve remplie, tous les dits maistres devront, à la premiere commodité, mettre conjoinctement main en œuvre pour la nettoyer, ainsi, aussi avant et comme il sera, par les Voir-Jurez des eaux ou connoisseurs à choisir et deputer par Nous, dit et declaré (1). »

Il y avait donc obligation pour les maîtres d'usines, de ne gêner en rien la navigation par leurs prises d'eau, biefs ou retenues, et *d'entretenir le lit de la rivière en bon état*, de le *creuser*, de le *draguer* au besoin, en le portant à la *profondeur déterminée par les délégués du prince*.

Cette obligation, énoncée ici d'une manière générale, est précisée pour chaque maître d'usine, dans le *Règlement du 30 juillet* 1685 ; ceux devant lesquels le fond de la rivière s'est chargé de graviers ou de trigus, sont astreints à les enlever, et des inconvénients, au passage de Weez et tout le long de la Mal-Voye, résultant « de ce que les usines de Bernimolin attirent à elles l'eau qui devrait entrer dans le lit de la navigation, sadite altesse voulant faire cesser des entreprises et

(1) *Recueil des édits et règlements*, etc. ; par Louvrex.

empeschement si prejudiciables, et preferer le bien public au commerce des particuliers, fait defense et prohibition aux maistres et ouvriers des usines de Bernimolin, de ne point doresnavant attirer l'eau sur leur usine au detriment de la navigation, de reparer leur digue, et la remettre en tel état qu'il n'y ait pas faute d'eau pour le passage des bateaux, sous peine arbitraire, et d'estre au surplus recherchez pour tous dommages et intérest [1]. »

Les mêmes prescriptions se retrouvent dans les mandements d'une date plus récente relatifs aux rivières; elles sont particulièrement appliquées dans ceux de 1715, 1736, et 1765, lesquels ordonnent aux meuniers des moulins *d'en bas, au-dessous du pont de la Boverie*, de bien *xhaver* en été cet espace, *afin que l'eau s'y ramasse pour la facilité de la navigation;* aux tanneurs, *de xhaver de temps en temps le lit de la rivière*, du côté de la tête de la Hamaide, *en ôtant tout le gravier, jusques à la haie de la prairie St.-Jacques;* au meunier du moulin de Jodry, « qui a tellement avancé sa venne, *que la navigation en souffre considérablement*, de se conformer à la décision des conseillers députés, *qui règleront la quantité d'eau que le moulin devra avoir;* au maître d'usine à *Sawhé*, *de xhaver la rivière* au-dessus de sa venne, jusqu'à la haie, pour rendre la navigation libre; au maître de l'usine, à Tilf, *d'arracher les quatre pilots qu'il a fait planter pour prolonger sa venne*, le lit de la rivière se trouvant rétréci par cette emprise; etc., etc.

Un mandement du 27 janvier 1781, sur les plaintes des bateliers de l'Ourthe et de la Vesdre, rappelle aux diverses autorités les devoirs qu'elles ont à remplir, et ordonne *sérieusement* au procureur-général de faire exécuter les lois à l'égard des maîtres d'usines et propriétaires riverains, le long de ces deux rivières [2].

(1) *Recueil des édits et règlements*, etc.; par Louvrex.
(2) *Archives de la province de Liége.*

§ 3. — *Chemin de halage.*

Par l'édit du 23 mars 1638, il est ordonné « aux gouverneurs, grands baillis et drossards de chaque quartier, d'obliger les possesseurs des heritages voisins *aux* chemins et voyes publiques, à la reparation et maintien d'icelles en bon état. » Les chemins de halage sont de ce nombre. De plus, « il sera permis à un chacun de passer sur les heritages voisins des chemins rompus non reparez, sans estre en rien *tenus* aux proprietaires, avec la liberté *d'abattre et couper les arbres* qui sont le long du chemin, pour rendre le passage meilleur et *sans empeschement pour la navigation* (1). »

Par application de cet édit, le *Règlement du 30 juillet 1685, touchant la navigation des rivières d'Ourthe et de Vesdre*, « ordonne que tous les chemins, sur le bord de la rivière d'Ourthe, soient aplanis et rendus commodes et faciles, de largeur suffisante, *selon les statuts et reglements du*

(1) Ce n'était pas une mesure nouvelle ; ces dispositions sont conservées de la *Paix de Flône*, qui date de 1330.

« Item ordonnons et statuons que toutes personnes aiant hiretaiges dedans Franchiese et Banlieu de Liége, jondant auz chemiens roiaulx, mettent les dis chemiens et voies en bon point devant leurs hiretaiges, tant d'ung costé comme d'aultre, et les detinent en tele largeche que loy salve et warde, sains empeschement, perilz ou dangier, pour povoir en iceulx chemiens tous chaers et charois charier, et toutes personnes alleir et passer seurement a piet et a cheual, sur paine de quattre florins de Rins d'amende, a paier dedens quinze jours apres ce que commandé lui siera, a appliquier moitié a mondit seigneur, et l'autre moitié a la reparacion de la dite cité.

« Item et nonobstant que la dite amende sierait paiée, comme dit est, toutesfois tel diffallant siera toujours tenus de faire et dettenir les dis chemiens, si avant que a son dit hiretaige en appartendroit, dedens ung mois apres la dite amende paiée et sautisfaite, comme dit est, sur tele et semblable paine que devant.

« Item se trové astoit que aucun eusse une petite piece d'hiretaige constituée en longeche au delong du chemien roiaul, en tele maniere que tel hiretaige fuist trop chargié de faire la dite detenue, notre intencion est et ordonnons que l'hiretaige jondant au derier de tel hiretaige, ainsi situé en longeche, comme dit est, soit tenus de condisquendre et contribuer à tele detenue en bonne maniere, par l'ordonnance de la justice du lieu ou de leur chieff, sains long procès pour ce faire ne ensuyr. » *Recueil des édits et règlements*, etc. ; par LOUVREX.

pays, et que tous arbres, hayes, bois et autres empeschements, soient ostez et coupez sans dilai à rase de terre, pour que la navigation n'en reçoive aucune incommodité ou empeschement. »

Suit la désignation des riverains qui doivent faire les réparations nécessaires, avec le détail des travaux à effectuer par chacun d'eux ; les uns doivent *faire bons* et réparer les chemins *aux entrées et aux sorties de leurs bys*, les rendre faciles et commodes *en talus jusques au fond de la rivière*, pour que les chevaux qui tirent les bateaux y puissent *passer*, *monter* et *descendre*, avec facilité et sans péril ; d'autres *oster les pierres qui empeschent les bateaux d'aborder*, et *profonder* le lit de la rivière *de pied et demy* ou environ, *rehausser et reparer* les chemins, pour que les chevaux puissent y passer *en tout temps commodement ;* et le mandement du 22 septembre 1736, entre autres, ordonne de *raccommoder* ou même de *construire des rivages* ; de *rehausser* des chemins ; de jeter des *fascines ou madriers* dits *xhorons*, pour maintenir les laitins ; d'arracher des *pilots vieillis*, d'en enfoncer d'autres et de les mettre tous de niveau ; de *soutenir un mur* par de *bons pilots*, de distance en distance, de *trois pieds à autre*, et *un peu plus haut que la muraille ;* etc., etc.

Le même mandement nous explique quelle était la largeur *selon les statuts et reglements du pays :* « Et comme, dans plusieurs endroits, dit l'article 4, les chemins où les chevaux doivent passer sont si étroits, si enfoncés et gâtés, qu'il est impossible d'y passer sans courre risque d'y culbuter, les chemins qui cotoyent la dite rivière seront élargis de telle sorte qu'ils aient *quatre pieds pour le moins de largeur*, en conformité du mandement de l'an 1685, et seront réparés et rétablis *à la hauteur convenable*, et toutes les haies, arbres et branches qui peuvent donner empeschement aux bateliers, *seront entierement raclées.* »

Ainsi la servitude de halage, dans la principauté de Liége, comportait, pour le riverain, l'obligation de maintenir le

chemin en bon état *sur toute la longueur de son héritage ;* il devait *faire* et *entretenir* les *rampes*, les *talus*, les *abordages*, les *rivages*, et consolider ce chemin par toute espèce de constructions, des *fascines*, des *pierres*, des *pilots et madriers ;* le chemin devait être à *hauteur* et praticable en *tout temps*, sur une largeur de *quatre pieds au moins* [1] ; à défaut de ce soin de la part du propriétaire, le batelier pouvait *couper les haies*, *abattre les arbres*, sur une étendue indéfinie en largeur, qui n'avait de limite que dans la disposition des lieux, puisque le droit du batelier était de rendre le passage *libre de tout empêchement pour la navigation*.

[1] Cette largeur de quatre pieds avait paru suffisante pour l'Ourthe, la Vesdre et l'Amblève, où la remonte ne demande guère qu'un cheval, parfois deux, et rarement trois ; mais pour la Meuse, où l'on voit fréquemment des trains attelés de quarante et cinquante chevaux, le chemin devait être plus large. En effet, si, sur la Meuse française, l'ordonnance du mois d'août 1669 prescrit aux propriétaires riverains de laisser « *vingt-quatre pieds* au moins de place en largeur pour *chemin royal* et trait des chevaux, sans qu'ils puissent planter arbres ni tenir clôture ou haie, plus près que *trente pieds*, du côté que les bateaux se tirent, » les coutumes du pays de Liége disent que tous *réaux chemins* allans de bonne ville à aultre, doibvent tenir partout, sans empeschement, en largesse, *deux verges* de voie ; » et, dans le comté de Namur, un édit du 12 novembre 1589, commande, à cause du peu de sécurité des temps, « d'explaner et abattre toutes les hayes, buissons, épines, bois, taillis, de quelle sorte qu'ils soyent, ensemble ronches, genetres, et semblables empeschements, en dedans *vingt verges* de *chascun costé* des rivières ou fouys servans à la navigation. » — *Ordonnance de Louis XIV, Roy de France et de Navarre, sur le fait des eaux et forests, vérifiée en parlement et chambre des comptes, le* 13 *août* 1669. Paris, 1714. — *Recueil des points marqués pour coutumes du pays de Liége;* par le S^r^. PIERRE DE MEAN, etc. Liége, 1642. — *Coutume et ordonnances du conseil de Namur*, etc. Namur, 1733.

Le passage extrait de la *Coutume de Namur* montre que le halage se faisait indistinctement sur les deux rives, selon les besoins de la navigation, et il en était de même en France et dans le pays de Liége.

L'ordonnance de 1669 a donc été portée en faveur des riverains ; si elle est protectrice du batelage, elle est néanmoins restrictive de ses droits antérieurs, les bateliers ne pouvant plus rien abattre que dans la limite de 9^m75 du côté du halage, et de 3^m25 sur la rive opposée. Si quelques propriétaires, en Belgique, se sont refusés à l'exécution de cette ordonnance, c'est que, ayant eu l'art de se soustraire à la servitude ancienne, des limites précises se trouvaient leur être plus préjudiciables qu'une servitude indéfinie.

IV.

ÉTAT RÉCENT DE L'OURTHE.

RÉUNION DE LA BELGIQUE A LA FRANCE ET A LA HOLLANDE.

---

§ 1. — *Législation française.*

Depuis 1795, à partir de la réunion de la Belgique à la France, jusqu'en 1814, la police et la navigation de l'Ourthe ont été assujetties à des lois et arrêtés qui auraient dû amener de grandes améliorations, s'ils eussent été observés.

Un arrêté du directoire exécutif, du 13 nivose an V, règle la largeur des chemins de halage.

Un autre arrêté, du 19 ventose an VI, également porté par le directoire, prescrit des mesures pour assurer le libre cours des rivières navigables et flottables.

Ont paru successivement les lois, décrets et arrêtés dont l'énumération suit :

Loi du 6 frimaire an VII, relative au régime et à l'administration des bacs et bateaux sur les fleuves, rivières et canaux navigables ;

Loi du 14 floréal an X, autorisant le gouvernement à déterminer les droits sur les bacs et bateaux de passage, comme aussi sur les ponts concédés ;

Loi du 30 floréal an X, qui crée des droits de navigation ;

Arrêté du 8 prairial an XI, qui divise en bassins la navigation intérieure de la France ;

Arrêté du 8 floréal an XII, relatif aux baux des droits de bacs et de passages d'eau, et à l'emploi de leurs produits ;

Décret du 4 prairial an XIII, qui fixe la largeur des chemins de halage et promulgue en Belgique l'article 7, titre

XXVIII, de l'ordonnance du mois d'août 1669, déjà obligatoire en l'an IV, par la promulgation du code des délits et des peines, « dont l'article 609 impose aux tribunaux l'obligation d'appliquer les peines qui y sont établies (¹);»

Décret du 8 vendémiaire an XIV, réglant que les contraventions à l'article 7, titre XXVIII, de l'ordonnance de 1669, seront jugées administrativement;

Décret du 10 brumaire an XIV, portant établissement d'un droit de navigation intérieure sur le bassin de la Meuse;

Décret de la même date, contenant règlement pour la perception du droit de navigation dans les quatre arrondissements du bassin de la Meuse;

Arrêté du préfet du département de l'Ourthe, du 11 janvier 1806, qui ordonne que, conformément aux deux décrets du 10 brumaire an XIV, la perception des péages ait lieu à partir du 1er février suivant;

Décret impérial du 22 janvier 1808, qui déclare l'article 7, titre XXVIII, de l'ordonnance de 1669, applicable à toutes les rivières navigables de l'empire.

§ 2. — *Lit de la rivière.*

Les événements politiques, en changeant la condition du pays de Liége, avaient amené un grand relâchement dans l'exécution des règlements relatifs aux usines établies sur l'Ourthe, et la plupart des dispositions prises pour la navigation de cette rivière paraissaient tombées en désuétude, au détriment du commerce et de l'industrie, et surtout de l'industrie de la vallée de l'Ourthe.

Sur les plaintes des bateliers, à l'occasion d'un grave

(¹) « En attendant que l'ordonnance des eaux et forêts de 1669, les lois des 9 juillet et 28 septembre 1791, celles du 20 messidor de l'an III, et les autres relatives à la police municipale, correctionnelle, rurale et forestière, aient pu être révisées, les tribunaux appliqueront aux délits qui sont de leur compétence, les peines qu'elles prononcent. » *Code des délits et des peines*, du 3 *brumaire an IV*, *titre II*, *art.* 609.

accident survenu près de la Boverie, M. Lejeune, ingénieur en chef de la direction de Sambre-et-Meuse, demanda que les tanneurs fussent obligés de curer le lit de la rivière, au droit du moulin aux écorces; il se fondait sur le mandement du 10 décembre 1652, dont les termes généraux imposent une obligation plus explicitement énoncée dans le règlement du 30 juillet 1685, dans tous ceux qui ont suivi, et en dernier lieu dans le mandement du 19 juillet 1765 : « Les tanneurs auront à xhaver le lit de la rivière, du côté de leur hamayde, jusqu'à la prairie St.-Jacques; etc. » Un arrêté du 30 vendémiaire an XI, pris par M. Desmousseaux, préfet du département, fit droit à cette demande, et ordonna aux tanneurs de se conformer à la clause qui les concernait dans les anciens mandements. Sur leur refus, le curage fut effectué d'office et à leurs frais, pour une somme de 1495fr.85 (1).

M. Lejeune termine son rapport sur cette affaire en annonçant « qu'il tiendra la main à ce que, à l'avenir, le curage soit fait en temps utile par les propriétaires eux-mêmes, de manière que la navigation n'éprouve plus sur ce point aucun obstacle (2).»

La loi du 30 floréal an X, en créant un droit de navigation pour l'entretien des rivières, n'avait, en effet, aboli aucune des obligations contractées sous la législation ancienne, et le maître d'usine, possesseur à titre onéreux, n'en était pas moins légalement tenu d'accomplir les engagements auxquels l'astreignait sa concession.

M. Lejeune avait donc raison d'obliger les riverains à entretenir le lit de la rivière.

Dans le cours de la même année, M. Arcelot, ingénieur ordinaire du département, fait un rapport, approuvé par l'ingénieur en chef, sur le fâcheux état de l'Ourthe et de la Vesdre; il rappelle un rapport présenté dès l'an VI, et annonce que depuis lors les choses n'ont fait qu'empirer, par

(1) *Archives de la province de Liége.*
(2) *Ibid.*

les empiétements des maîtres d'usines, par les pierres qu'ils placent dans le lit pour amener plus d'eau dans leurs biefs, etc., etc. : il conclut en demandant que tous ces maîtres d'usines soient obligés de montrer leurs titres et de réparer le mal qu'ils ont causé ([1]).

Mais des intérêts particuliers furent plus puissants que l'intérêt public : le commerce de deux départements succomba devant la résistance favorisée de quelques propriétaires, et, en dépit des efforts de l'administration des ponts et chaussées, le mal s'est perpétué et aggravé. Contrairement à l'arrêté du 19 ventose an VI, des gords ont continué jusqu'aujourd'hui à obstruer le lit de l'Ourthe, les conditions très-précises faites aux maîtres d'usines sont restées sans exécution, et, malgré les curages proposés en l'an XI par M. Lejeune, afin de faciliter l'entretien d'une rivière détériorée par une trop longue incurie, rien ne paraît avoir amené les résultats si opiniâtrement cherchés par cet ingénieur habile et persévérant, dont le zèle méritait d'obtenir du pouvoir des résolutions plus fructueuses. On voit aisément, aux nombreux rapports qu'il adressa au gouvernement sur l'état de l'Ourthe, aux démarches multipliées qu'il fit pour y porter remède, qu'il aurait atteint le but, si cela eût été possible alors.

§ 3. — *Chemin de halage.*

Une question découle de l'ancien état de choses et de sa comparaison avec la situation actuelle de l'Ourthe : Comment les maîtres d'usines sont-ils parvenus à se soustraire aux conditions qui leur étaient imposées ? D'où vient, quand de si sages mesures étaient prescrites encore vers la fin du siècle dernier ([2]), que les chemins de la Vesdre et de l'Ourthe

([1]) *Archives de la province de Liége.*

([2]) Un arrêté des consuls, du 25 vendémiaire an XII, approuve un arrêté du préfet de l'Ourthe, qui autorise le Sr. Collart, maître de forges, à établir une fenderie à Sauwheid, commune d'Embourg; il porte, article 4 : « Dans aucun temps, ni sous aucun prétexte, il ne pourra être prétendu indemnité, chômage ni dé-

aient été supprimés ou envahis par les riverains, de telle sorte qu'aujourd'hui on peut les considérer comme n'existant plus? Les faits eux-mêmes répondront.

Pour la Vesdre, les travaux du chemin de fer ont rendu très-difficile le rétablissement de la navigation; mais pour l'Ourthe, la possibilité d'un bon halage subsiste toujours, et si les obligations, auxquelles ont été assujetties par leurs octrois les usines qui couvrent ses bords, étaient observées, le lit serait en tout temps navigable. Il ne faut peut-être que vouloir.

En l'an X, une pétition des bateliers de la Vesdre et de l'Ourthe, en date du 10 fructidor, contre la négligence des riverains qui n'observent plus les anciens mandements, et qui, par là, sont cause que la navigation devient de plus en plus difficile, donne lieu, conformément aux conditions exprimées dans ces mandements, à des mesures proposées par M. Lejeune et adoptées par le préfet (1).

L'arrêté du 30 vendémiaire an XI, relatif à la hamaide des tanneurs, oblige également les propriétaires de cette usine à réparer le chemin de halage, à lui rendre sa hauteur et sa largeur, et à mettre en état la descente vers la rivière.

Il semblait, indépendamment de la législation du pays de Liége et des règlements sur les usines, que l'arrêté du 13 nivose an V dût seconder les ingénieurs dans leurs tentatives pour rétablir les chemins de halage; mais ils n'ont toutefois

dommagement, par le Sr Collart ou ses ayants-droits, à raison des dispositions que le gouvernement jugerait convenable de faire sur la rivière d'Ourthe, pour l'avantage de la navigation, du commerce ou de l'industrie, même en cas de démolition de la dite usine. » *Archives de la province de Liége.*

(1) *Archives de la province de Liége.* — Le halage de la Meuse a souvent appelé l'attention de M. Lejeune, dont l'activité se portait sur tous les points d'utilité publique.

Un habitant de Seraing ayant défriché un terrain le long de la rive droite de la Meuse, à *vingt-cinq mètres* du bord, du côté du halage, M. Lejeune, dans un rapport du 19 messidor an XI, demanda que le contrevenant fût obligé de rétablir les lieux dans leur situation primitive, attendu qu'il y aurait gêne pour le halage *dans les grandes eaux.* — *Archives de la province de Liége.*

réussi à les rendre praticables que partiellement, et des difficultés subsistaient toujours.

En 1807, M. Deschamps, alors ingénieur en chef, et aujourd'hui inspecteur général, demandait que le chemin de halage fût rétabli. « Il faut, disait-il, *de toute nécessité*, lui donner *quatre mètres au moins de largeur* (¹). »

Un arrêté pris par le préfet, M. le baron Micoud, le 1er août 1808, « sur la réclamation des bateliers de l'Ourthe, par laquelle ils se plaignent des difficultés qu'éprouve le halage de la dite rivière, » témoigne des obstacles qu'opposaient les riverains, de leur répugnance à se soumettre aux injonctions de l'arrêté du 13 nivose an V, au décret du 4 prairial an XIII et à celui du 22 janvier 1808. Usant de l'exception permise par l'article 4 de ce dernier décret (²), et suivant l'avis de l'ingénieur en chef du département, le préfet restreint la largeur du chemin et ordonne « d'abattre et d'enlever tous les arbres et haies plantés à moins de quatre mètres du sommet du talus du bord de la rivière (³). »

Cet arrêté n'a reçu qu'une exécution incomplète, et les plaintes des bateliers se sont maintes fois renouvelées depuis.

Du 1er janvier 1806 au 31 décembre 1809, dans un espace de quatre ans, il a été dépensé pour l'entretien du chemin de halage, sur les fonds affectés aux travaux de navi-

(¹) *Mémoire sur les ouvrages les plus pressants à exécuter pour la navigation des rivières de Meuse et d'Ourthe, dans le département, pendant l'exercice* 1807; par M. DESCHAMPS, ingénieur en chef.

(²) L'article 4 du décret du 22 janvier 1808 est ainsi conçu :

« L'administration pourra, lorsque le service n'en souffrira pas, restreindre la largeur des chemins, notamment quand il y aura antérieurement des clôtures en haies vives, murailles ou travaux d'art, ou des maisons à détruire. »

(³) L'article 2 de cet arrêté porte : « Cet abatage et enlèvement devront avoir lieu avant le 15 novembre prochain, pour tout délai; immédiatement après cette époque, il y sera procédé à la diligence des maires et de l'ingénieur en chef, par des ouvriers aux frais des communes ou des particuliers qui auront négligé de se conformer aux ordres qui leur auront été donnés à cet égard. »

gation dans le département de l'Ourthe, une somme c 2,597^{frs} 62 [1].

§ 4. — *Gouvernement des Pays-Bas.*

Aux lois et arrêtés qui constituaient, sous le gouvernemer français, la législation de l'Ourthe, s'ajoutèrent, sous le goı vernement des Pays-Bas :

L'arrêté royal du 1er mars 1818, supprimant les tax qui, dans quelques communes, restreignaient la liberté d la navigation ;

L'arrêté royal du 17 décembre 1819, qui confie l'admi nistration de l'Ourthe à la province de Liége ;

Le règlement du 30 octobre 1820, pour la navigation de l Meuse et de ses affluents, approuvé par arrêté royal et mi à exécution à partir du 1er juillet 1821 ;

L'arrêté royal du 1er juillet 1827, qni autorise la cons truction du canal de Meuse et Moselle par la société d Luxembourg, et qui remet à cette société l'administration d l'Ourthe.

Les mêmes difficultés pour la navigation subsistant tou jours, les mêmes plaintes n'ont cessé de se reproduire.

L'ingénieur en chef du Waterstaat, M. Ketelbuter, essay vainement de contraindre les riverains à se soumettre à l

(1) Cette somme avait été obtenue par M. Deschamps ; c'est sur les dev qu'il en avait dressés que l'emploi en a été fait, en partie du moins, par ! Hébert, son successeur.

M. Deschamps, en 1809, demandait 9,600 fr. pour le curage du lit de rivière — *Archives de la province de Liége.*

La difficulté de réprimer les contraventions qui, par leur multiplicit rendent la navigation de plus en plus périlleuse, avait fait proposer p M. Deschamps la création « de gardes et préposés chargés spécialement de police, afin de prévenir les entreprises formées par les particuliers et pr priétaires riverains. Ces entreprises, qui consistent en plantations, clayo nages, dépôts de décombres, de détritus d'usines, forges, etc., sont d'abo peu apparentes, et, à moins de prendre les contrevenants, pour ainsi dir sur le fait, il est difficile de motiver suffisamment les procès-verbaux po en obtenir la répression. » *Rapport du 10 février 1809, sur la navigatio du département de l'Ourthe ;* par M. Deschamps, ingénieur en chef du dépa tement.

servitude légale. Il ne paraît pas avoir tenté de faire accomplir, par les maîtres d'usines, les conditions de leurs octrois pour l'entretien du lit et des chemins ; mais, ne pouvant pas même obtenir qu'un libre passage fût ouvert aux chevaux, il eut recours à l'intervention du gouverneur de la province de Liége, qui, par un arrêté du 26 octobre 1818, « sur les plaintes portées au sujet des difficultés qu'éprouve le halage des rivières de Meuse, d'Ourthe, de Vesdre et d'Amblève, » ordonne que les maires des communes traversées par ces rivières, « signifieront à tous les propriétaires riverains qu'ils aient à faire abattre et enlever tous les arbres, haies, oseraies, broussailles, et généralement toutes choses plantées, construites, ou existant par le fait des dits riverains, en saillie ou en excavation ; savoir : pour la rivière de Meuse, à moins de *neuf aunes* du côté où se fait le halage, et à *trois aunes vingt-quatre pouces*, de l'autre bord; et, pour les trois autres rivières, à moins de *quatre aunes de distance horizontale du sommet de la berge*, du côté où le halage se fait, et de *deux aunes trente pouces de l'autre côté.* »

En vain l'article 2 déclare que « cet abatage et cet enlèvement devront avoir lieu avant le 30 novembre suivant pour tout délai ; » que, s'ils n'étaient point effectués dans le délai prescrit, ils le seraient « par des ouvriers aux frais des communes ou des particuliers qui auraient négligé de se conformer aux ordres qui leur auraient été donnés à cet effet : » la loi n'en resta pas moins sans exécution.

L'état de l'Ourthe était donc déplorable, quand survint l'arrêté royal du 17 décembre 1819, par lequel, à partir du 1er janvier 1820, l'administration de cette rivière passait dans les mains de l'autorité provinciale de Liége.

Les espérances que le batelage et le commerce avaient conçues alors, furent de courte durée et se dissipèrent bientôt ; loin qu'aucune amélioration ait été introduite dans la navigation, le lit s'est détérioré de plus en plus, et l'entretien annuel n'a jamais suffi ponr effacer les dégâts causés au

chemin de halage par le passage continuel des chevaux, par les pluies et les gelées de l'hiver.

Vint enfin l'arrêté royal du 1er juillet 1827, qui remit à la la société du Luxembourg l'administration de l'Ourthe. On pouvait, on devait même se promettre un heureux succès des vues de cette société; mais les événements politiques de 1830 ont suspendu l'exécution de ses projets d'amélioration, et l'Ourthe est restée, ou à peu près, dans la situation où elle était sous l'administration de la province.

V.

POLICE DE LA RIVIÈRE.

RÈGLEMENTS ANCIENS ET NOUVEAUX.

§ 1er — *Principauté de Liége.*

Les règles à suivre pour la police, les obligations des riverains, propriétaires et maîtres d'usines, sont contenues dans les documents déjà cités (III, § 1er) : il suffira d'en présenter un résumé succinct.

Lit de la rivière.—Par l'ordonnance du 14 juin 1653, *touchant la riviere d'Ourthe et les fourneaux, usines et moulins batis sur la meme riviere*, il est défendu de gâter le cours des eaux, d'y jeter des laitins, trigus et toutes autres immondices, qui pourraient emplir le lit et nuire à la navigation (1) ; il est interdit aux maîtres d'usines d'augmenter le volume d'eau affecté à leur usage ; il leur est ordonné d'entretenir

(1) *Règlement et mandement du 6 février* 1635, pour la conservation des ruisseaux. *Archives de la province de Liége.* — *Mandement du* 11 *août* 1749 sur les rivières du Demer, Stymer, Beeck, etc. LOUVREX, t. 3. — Défense aux bourgeois de Huy, en date du 21 mai 1744, de jeter des pierres, cendres, trigus ou ordures, dans la rivière, à peine d'une amende de trois florins d'or. *Ibid.*

le lit en bon état, d'enlever les pierres et cailloux, et de le *profonder* aussi avant qu'il est nécessaire (III).

Tous les édits, règlements et ordonnances subséquents, réitèrent les mêmes injonctions, en insistant sur la défense expresse de détourner les eaux ([1]).

Chemin de halage. — Le chemin devait être maintenu à hauteur, avec largeur en couronne de quatre pieds au moins; il devait être rechargé, exhaussé, empierré, selon le besoin, de manière à être praticable en tout temps; aucun dépôt de nature à gêner la navigation ne pouvait être fait ni sur le chemin ni sur les berges; les talus, les rampes, les abordages, les ports, les rivages, et tout ce qui concernait les bords de la rivière, étaient à la charge des riverains (III).

On ne pouvait pas construire sur le bord des rivières du pays de Liége sans y être autorisé ([2]).

Officiers chargés de la police.—L'exécution des règlements était confiée aux gouverneurs, grands baillis et drossards de chaque quartier, qui veillaient à ce que chacun se conformât aux édits sur la matière; les voir-jurés des eaux inspectaient les biefs, les retenues, les usines, et s'assuraient que les conditions des octrois étaient strictement remplies (III).

A l'occasion, le prince nommait des députés pour lui faire un rapport sur les difficultés qui venaient à naître.

Navigation — Les bateliers de Liége, qu'ils navigassent

([1]) Rendage d'un coup d'eau, 29 octobre 1585. *Archives de la province de Liége.* — Rendage d'un coup d'eau en Gravioule, 4 mars 1589. *Ibid.*

([2]) *Civitas concedit Rasoni de Meers loca vacua propè fluvium Mosam, pro muris illic construendis, cum pacto quod in eventum revocare voluerit, teneatur illa sumptus per dictum Rasonem in dictam murorum constructionem factos, ei restituere.— Litt. Civ.* 1514, 21[a] *septembris.*

Le 31 janvier 1678, « sur la requeste de Jacques Hock, luy accordons de pouvoir construire un riuage à ses fraix, à la muraille de la cité contigüe à son iardin, à condition que le dit suppliant et ses représentans seront obligez d'entretenir à la descharge de la cité, la ditte muraille, de la longueur que le dit riuage s'extendra, et de payer à la cearie de la cité un chapon par an. » *Archives de l'Hôtel de ville, à Liége.*

sur la Meuse ou sur l'Ourthe, formaient une corporation régie par les *Chartres et privileges du bon mestier des naiveurs de la ville, cité et banlieue de Liege*, qui remontaient à l'an 1479; elles ont été retouchées et étendues en 1525, 1587, 1613, 1687, 1715, 1719 et depuis (¹); mais les bateliers de l'Ourthe appartenant au Luxembourg, à la principauté de Stavelot ou au duché de Limbourg, n'avaient pas le droit de naviguer sur la Meuse.

Des difficultés se sont élevées à ce sujet entre la principauté de Liége et la gouvernante des Pays-Bas autrichiens, sur des réclamations des bateliers de l'Ourthe, qui, partant de points de la rivière reconnus comme terre de l'Empire, prétendaient pouvoir transporter librement leurs marchandises en diverses parties de la Meuse. Ces débats ont occupé les deux gouvernements à différentes reprises, de 1783 à 1787 (²).

Cependant les *naiveurs* de l'Ourthe ne semblent pas avoir été fondés dans leurs prétentions, et leurs droits pouvaient être aisément contestés, si l'on en juge par une requête de six bateliers d'Esneux, territoire de Limbourg, qui, en 1786, demandaient au prince-évêque la permission de naviguer sur la Meuse, « parmy une pistole que chaque maître offre de payer une fois au profit du métier des bateliers de Liége (³).

Le temps de la journée durant lequel les bateaux pouvaient parcourir la rivière ne paraît avoir été indiqué dans aucune ordonnance spéciale; cependant, à ne consulter que le *Reglement pour la ville de Liege*, mis en garde de loi le 27 mars 1651, tiré de celui du 24 octobre 1601 et renouvelé le 26 mai 1696, on est porté à croire que la navigation n'était permise qu'entre deux soleils. On lit, en effet, à l'article 27 de ce règlement : « L'on ne se presumera, apres la garde assise au soir ny avant la diane touchée du matin, de

(¹) *Archives de la province de Liége.*
(²) *Ibid.*
(³) *Ibid.*

mener ou conduire batteaux sur les rivieres de nostre cité, ny entrer par les rivieres ou rivages, à peine d'estre chastiez arbitrairement ([1]). »

Les maitres bateliers devaient n'employer que des ouvriers du pays pour conduire leurs bateaux. Cette circonstance est attestée par une décision du conseil de la cité de Liége, en date du 20 janvier 1677 : « Sur la requeste des vierneux ouuriers des plectes du bon mestier des neauueurs, ordonnons aux marchands battelliers et tous autres qu'il appartiendra, de les preferer à tous estrangers en l'exercice de la nauigation dans ceste cité, franchise et banlieu, autrement il y sera pourveu par arrest des batteaux, ou tele autre maniere qu'il sera trouvé convenable ([2]). »

Obligation pour les maitres d'usines d'arrêter leurs moulins.—Les maitres d'usines étant obligés, par les règlements généraux et par leurs octrois, de ne gêner en rien la navigation, les bateliers, lorsqu'il y avait trop peu d'eau pour le passage des pertuis et sur les courants, avaient le droit de faire baisser les vannes, pour que toute l'eau passât dans le lit navigable.

C'est un droit qui ne peut être perdu.

Règlement.— L'édit du 23 mars 1658, sur les chemins en général, combiné avec le mandement du 10 décembre 1652, renferme toutes les dispositions législatives et réglementaires relatives à la navigation de l'Ourthe : les autres mandements n'en sont que la reproduction presque textuelle.

§ 2. — *Réunion à la France et royaume des Pays-Bas.*

L'arrêté du 19 ventose an VI pour assurer le libre cours des rivières navigables et flottables; le décret du 4 prairial an XIII et celui du 22 janvier 1808, sur la largeur des chemins de halage; l'arrêté royal du 1er mars 1818, qui supprime les taxes, restreignant, dans quelques communes, la

([1]) *Recueil des édits et règlements*, etc; par LOUVREX.
([2]) *Archives de l'hôtel de ville, à Liége.*

liberté de la navigation : tels sont les actes où sont inscrits les devoirs des riverains et des bateliers (IV, §§ 1 et 4).

L'arrêté royal du 17 décembre 1819, qui confie l'administration de l'Ourthe à la province de Liége, celui du 1er juillet 1827, qui la lui ôte et la remet à la société du Luxembourg, n'ont rien innové, rien abrogé, quant à la police de la rivière.

Aujourd'hui encore les mêmes dispositions sont en vigueur.

Les riverains ne sont plus astreints à *xhaver* le lit, à entretenir et à réparer les chemins de halage; mais ils sont soumis à la servitude, et leurs obligations à cet égard sont déterminées avec précision par les lois et par la jurisprudence [1].

[1] *Le greffier de la généralité des bateliers de Namur*, après avoir, dans une lettre du 30 juin 1779, énuméré les titres de sa corporation, termine ainsi : « L'on estime que l'ancienneté de leur établissement en corps de métier est si reculée, qu'il faudrait remonter, si point jusqu'au premier homme, du moins jusqu'à l'époque où l'arche de Noé conserva, au milieu du déluge, le reste de l'univers ; d'où l'on doit conclure que ce corps de métier est l'un des plus anciens des vingt-quatre établis en cette ville. » *Archives de la ville de Namur.*

Pour un greffier qui reportait si haut l'origine des bateliers et qui était si jaloux de l'antiquité de sa corporation, la servitude des riverains devait évidemment avoir commencé le jour où Noé mit le pied hors de l'arche.

Sans la faire remonter si loin, on conçoit cependant qu'elle est fort ancienne, et qu'elle a dû s'établir en même temps que la navigation fluviale, qui, sans cela, serait impraticable.

La servitude existait dans les temps féodaux, à une époque où des barons fort peu disciplinés étaient les seuls possesseurs des terrains qui longent les rivières navigables; elle eût donc été supprimée alors, s'il eût été possible qu'elle le fût.

En supposant que l'Etat fît l'énorme dépense d'acheter une première fois tout le terrain nécessaire à l'établissement du chemin de halage, cela ne suffirait pas; il faudrait qu'il continuât à faire une partie de la même dépense chaque année, et que, par suite des affouillements et des érosions de la berge, il acquît de nouveau, souvent à grands frais, la largeur indispensable au passage des chevaux.

Il payerait ainsi, au profit des propriétaires d'une rive, les accroissements que reçoivent leurs terrains aux dépens de l'autre, et sa dépense serait d'autant plus inévitable, que les riverains, assurés d'une indemnité pour les pertes subies par l'effet des érosions et affouillements pendant les crues, ne feraient plus aucun ouvrage de défense.

Les nombreux avantages que procure le voisinage d'une rivière navigable sont une ample compensation aux charges qu'impose la servitude de halage.

« Les propriétaires des héritages aboutisssants aux rivières navigables, laisseront, le long des bords, vingt-quatre pieds ([1]) au moins de place en largeur pour chemin royal et trait des chevaux, sans qu'ils puissent planter arbres ni tenir clôture ou haie plus près que trente pieds ([2]) du côté que les bateaux se tirent, et dix pieds ([3]) de l'autre bord, à peine de cinq cents livres d'amende, confiscation des arbres, et d'être, les contrevenants, contraints à réparer et remettre les chemins en état à leurs frais ([4]). »

Par l'arrêté du préfet en date du 1er août 1808 (IV, § 3), en vertu de l'exception admise à l'article 4 du décret impérial du 22 janvier précédent, la largeur du terrain réservé à la servitude a été réduite, pour l'Ourthe, à quatre mètres, et le gouverneur de la province de Liége, adoptant la même réduction pour le chemin de halage, par arrêté du 26 octobre 1818, restreint la largeur du marche-pied à deux mètres trente centimètres (IV, § 4).

Il pourrait sembler que le décret du 4 prairial an XIII fût suffisant pour rendre obligatoires en Belgique les dispositions de l'ordonnance de 1669 ; il restait cependant encore un doute, et les autorités chargées de faire observer le décret, ne savaient pas si des indemnités devaient ou non être accordées aux riverains obligés d'abattre leurs arbres et de reculer leurs clôtures.

« Le décret impérial rendu à Milan le 4 prairial an XIII ([5]), dit M. Deschamps, dans son mémoire du 20 février 1807, a étendu aux départements de l'ancienne Belgique l'article 7 du titre XXVIII de l'ordonnance de 1669, qui fixe la largeur des

([1]) 7m80.
([2]) 9m75.
([3]) 3m25.
([4]) Art. 7, titre XXVIII, de l'ordonnance du mois d'août 1669, rendu obligatoire en Belgique par l'article 609 du code des délits et des peines, par le décret du 4 prairial an XIII et par celui du 22 janvier 1808.
([5]) Ce décret a été réimprimé, publié et affiché dans toutes les communes du département de l'Ourthe, par un arrêté du préfet, M. Desmousseaux, en date du 20 messidor an XIII. *Archives de la province de Liége.*

chemins de halage. L'exécution de ce décret remédierait en grande partie aux difficultés qu'éprouve la navigation, si la question de savoir s'il y a lieu à indemnité des terrains à prendre pour les rélargissements, était décidée ([1]). »

Pour lever tous les doutes, pour aplanir tous les obstacles que rencontrait la mise à exécution du décret du 4 prairial, vint le décret du 22 janvier 1808, dont l'article premier déclare expressément que « les dispositions de l'article 7, titre XXVIII, de l'ordonnance de 1669, sont applicables à *toutes les rivières navigables* de l'empire, soit que la navigation y fût établie à cette époque, soit que le gouvernement se soit déterminé depuis, ou se détermine aujourd'hui et à l'avenir, à les rendre navigables. » Un seul article renferme une exception ; l'article 3 porte : « Il sera payé aux riverains des fleuves ou rivières *où la navigation n'existait pas et où elle s'établira*, une indemnité proportionnée au dommage qu'ils éprouveront, et cette indemnité sera évaluée conformément à la loi du 16 septembre dernier.»

D'où il suit qu'aucune indemnité n'est due aux riverains, sur les rivières où la navigation était précédemment établie.

C'est en vertu de ce décret que le préfet de l'Ourthe prit l'arrêté du 1er août 1808.

Quant aux difficultés qui se sont élevées sur la question de savoir à quelle hauteur d'eau correspondent les largeurs assignées au chemin de halage et au marche-pied, les tribunaux ont prononcé que, conformément à la loi, ces distances doivent être mesurées à partir de la ligne de démarcation entre le lit de la rivière et les propriétés riveraines, c'est-à-dire à compter de la ligne des hautes eaux navigables, lorsque la rivière coule à pleins bords ([2]).

Ainsi la servitude attachée aux héritages aboutissants à

([1]) *Mémoire sur les ouvrages les plus pressants à exécuter pour la navigation des rivières de Meuse et d'Ourthe, pendant l'exercice* 1807 ; par M. Deschamps, ingénieur en chef du département de l'Ourthe.

([2]) De nombreux jugements consacrent cette interprétation de la loi ; le plus récent est celui du tribunal civil de Namur, du 30 novembre 1842.

l'Ourthe, consiste dans l'obligation, pour leurs propriétaires, de laisser entre la ligne des hautes eaux navigables et leurs clôtures, un espace libre, *mesuré horizontalement* (1), de *quatre mètres* du côté où se tirent les bateaux, et de *deux mètres trente centimètres* du côté opposé (2).

Cette servitude est permanente, elle oblige d'une manière absolue, inévitable, en sorte que le riverain qui a fait des plantations, constructions ou clôtures, à la distance voulue, n'en est pas moins tenu, lorsque son terrain vient à être corrodé par les eaux, détruit ou emporté par les glaces, par des déviations du lit ou des affouillements, de rendre au passage des chevaux la largeur légale, d'abattre ou reculer ses plantations, constructions ou clôtures, *sans aucune indemnité*, et de ne les rétablir qu'au delà des limites du chemin de halage ou du marche-pied (3).

La nécessité d'avoir toujours un passage libre et en bon état pour le halage, avait été sentie dans tous les temps, et la disposition des règlements de l'ancien pays de Liége qui astreignait le propriétaire du fonds à entretenir le chemin, est remplacée, dans la législation nouvelle, par l'obligation de laisser, dans les plus hautes eaux navigables, une largeur plus grande et constamment la même (4).

(1) Arrêté du gouverneur de la province de Liége, du 26 octobre 1818.

(2) *Ibid.*

(3) « Si les eaux du fleuve opèrent des affouillements contre le terrain grevé de la servitude, la servitude ne cessera pas d'être due, et le chemin devra être maintenu *dans toute sa largeur* et *reculé* plus loin, au préjudice du propriétaire, qui sera obligé de le souffrir ainsi *sans indemnité*, attendu l'effet de la force majeure. » *Traité du domaine public*, par PROUDHON.

(4) Le 20 juin 1807, un arrêté du préfet de l'Ourthe rend applicable aux chemins de halage son arrêté du 25 avril précédent, qui porte que « les propriétaires des haies bordant les routes et chemins vicinaux, seront tenus de couper les dites haies à deux mètres, de les élaguer de manière que leur épaisseur soit réduite à celle de leurs souches, et d'élaguer également les arbres qui s'y trouvent plantés ; » et l'arrêté du 20 juin ajoute que « les propriétaires riverains de la Meuse, de l'Ourthe et de la Vesdre, qui auront négligé de s'y conformer, seront, à dater du 15 juillet prochain, poursuivis d'après les dispositions de la loi du 29 floréal an X, et suivant les formes établies par l'arrêté du préfet du 5 fructidor même année. » *Archives la de province de Liége.*

VI.

PÉAGES.

DROITS ANCIENS ET NOUVEAUX.

§ 1.— *Droits anciens.*

Il n'est guère douteux que les châtelains de l'Ourthe ne prélevassent autrefois, comme le faisaient ceux de la Meuse, des droits de toulieu sur les bateaux qui passaient par leurs domaines ou au pied de leurs châteaux ([1]).

Je n'ai cependant découvert aucune trace de ces anciens péages, inhérents, pour ainsi dire, à la féodalité.

Lorsque la navigation se faisait par le bras de la porte d'Amercœur, on payait un droit au passage du pont pour les bateaux qui descendaient l'Ourthe et la Vesdre ([2]).

Les seuls péages qui existassent en 1794, étaient ceux de Douflamme, de Tilf et de Chênée. C'étaient de véritables toulieus établis au profit du prince, et ils frappaient, non le bateau, mais la marchandise, en sorte que le droit était moins pour la navigation que pour le commerce en général, et, à Chênée, il se payait aussi bien sur les marchandises

([1]) Il y avait des péages féodaux sur l'Amblève et sur la Vesdre. Leur existence sur cette dernière est attestée par « l'édit prohibitif au regard des droits que le seigneur de la Rochette exigeait des bateliers de l'eau de Vesdre. » Cette pièce (1, § 1er) est du 18 mai 1733. *Recueil des édits et règlements*, etc.; par Louvrex.

([2]) *Est littera concessionis per civitatem factæ de teloneis pontis Arcarum et Amaricordis, per quam à dictis teloneis eximuntur cives trajectenses et illi de Aspe. Litt. civ.* 1485, *penult. junii. — Consilium juris resolutum*, etc.

Edictum per quod statuitur quod pro teloneo pontis Amaricordis populo solvendo, telones recipiuntur in salvam guardiam civitatis. — Littera Civitatis, anno 1486, *ultimâ septembris. — Ibid.*

Nemo navi transmittat pontem Arcarum, cum rebus vel mercibus, nisi primitus id denunciaverit telonibus pontis, etc. *Item quod enavigantes aquas de* Ourthe et Vesde, *non transmittant pontem de Amercourt, nisi præmissâ eâdem significatione. — Littera scabinorum, anno* 1533, 25ª *augusti. — Ibid.*

transportées par axes que sur celles qui arrivaient par eau.

Il serait assez difficile de savoir aujourd'hui ce que rapportaient ces toulieus, et pour quelle part y entraient les transports par l'Ourthe (1).

§ 2. — *Décrets du 10 brumaire an XIV.*

Tous les anciens droits ayant été abolis par la réunion de la Belgique à la France, la navigation de l'Ourthe fut exempte de péage depuis 1795 jusqu'à la fin de 1805, et les bateliers, comme les autres industriels, n'étaient assujettis qu'à un simple droit de patente.

Cependant la loi du 30 floréal an X avait créé un droit de navigation intérieure à établir sur les fleuves, rivières et canaux navigables; l'arrêté du 8 prairial an XI ordonnait la division de la navigation intérieure de la France en bassins, subdivisés eux-mêmes en arrondissements; il réglait la perception, l'emploi des recettes, le mode d'exécution des travaux, et contenait quelques dispositions pour la police : par les deux décrets du 10 brumaire an XIV, cette législation a été rendue applicable à l'Ourthe.

Par le premier de ces deux décrets, la Meuse forme un bassin de navigation intérieure, divisé en quatre arrondissements, qui comprennent la Sambre, l'Ourthe et la Roër, et, comme affluentes à l'Ourthe, l'Amblève et la Vesdre. Le troisième arrondissement, dont le chef-lieu était Liége, se composait de la Meuse, depuis Huy exclusivement jusqu'à Maes-

(1) *Un collecteur de la Massenge* de Chênée a été nommé, le 25 août 1784, « parmy cinq florins de gage par mois pour le crondbois et rondbois, et le quart dans le revenu des quatre espèces, à charge de rendre bon compte et reliquat de mois à autre. » *Archives de la province de Liége, chambre des finances : rendages, stuits, de* 1783 *à* 1786.

Les péages du pont d'Amercœur étaient les plus productifs et entraient dans les revenus de la ville.

« *Teloneum pontis Amaricordis subjicitur licitationi ad opus civitatis, et per illam arrendatur;* etc.—*Litt. Civitatis*, 1486, 16a *octobris. — Consilium juris resolutum,* etc.

Ordinatur in consilio civitatis, quod singulis quinque bombardariis civitatis, in singulos menses solvantur duodecim floreni de teloneo pontis Amaricordis. Litt. Civ. 1489, 22a *augusti. — Ibid.*

tricht exclusivement, de l'Ourthe et de ses affluentes depuis le point navigable jusqu'à la Meuse.

D'après l'article 4, aucun particulier, aucune commune, ne pouvait à l'avenir percevoir, au passage des écluses, vannes ou pertuis, aucun droit, de quelque nature qu'il fût, et ce, conformément aux art. 13 et 14 du titre II de la loi du 28 mars 1790, aux art. 7 et 8 de la loi du 25 août 1792, et au règlement du 8 prairial an XI; le service des écluses, vannes ou pertuis, selon l'art. 5, devait se faire par des individus à ce commis, dont le salaire était imputable sur les produits du droit de navigation.

L'article 8 dispose que la moitié du droit seulement sera due pour les bateaux vides ou chargés uniquement de pavés, de grès, de pierres à bâtir, de sable, de cendre, de fumier ou d'engrais.

Le second décret du 10 brumaire, contenant règlement pour la perception du droit de navigation dans les quatre arrondissements du bassin de la Meuse, établit quatre bureaux pour la recette de l'octroi de navigation dans le troisième arrondissement : le premier à Douflamme, le deuxième à Tilf, le troisième à Chênée et le quatrième à Liége. Le même droit se percevait à chaque bureau, soit pour la remonte, soit, pour la descente, sans avoir égard au point de départ ou d'arrivée, et quelle que fût la dimension des bateaux.

BUREAUX.	DROITS.	OBSERVATIONS.
	Francs.	
Douflamme.	1,00	Aucun droit n'était établi pour la navigation de l'Amblève ; mais les bateaux qui en venaient payaient, sur l'Ourthe, les droits établis pour la navigation de cette rivière.
Tilf.	0,50	Le même droit était perçu pour tous les bateaux qui, en sortant de la Vesdre, remontaient l'Ourthe jusqu'à Tilf.
Chênée	0,25	Ce droit était payé pour le parcours de la Vesdre; les bateaux qui entraient dans l'Ourthe étaient soumis au tarif de cette rivière.
Liége.	0,50	Ce droit ne frappait que les bateaux descendant de Tilf ou y remontant; les bateaux destinés pour la Vesdre ou qui en venaient, ne payaient de droit qu'à Chênée.

La perception de ces droits dura sans aucun changement jusqu'à l'entrée des armées alliées sur le sol belge, en 1814. A cette époque, elle fut suspendue ; mais elle ne souffrit cependant qu'une courte interruption, ayant été reprise presque aussitôt, en vertu d'un arrêté du gouverneur-général du Bas-Rhin, en date du 5 juin de la même année, lequel demeura obligatoire sous le gouvernement des Pays-Bas et fut mis à exécution dès le 9 juin. La seule modification apportée aux anciens règlements, par l'arrêté du gouvernement prussien, fut la suppression du droit de 10 centimes par bureau pour les laissez-passer.

Les recettes opérées annuellement, tant que ce régime subsista, furent d'environ 2,700 florins à Tilf, pour les bateaux de l'Ourthe seule, et de 2,500 florins à Chênée, pour ceux de l'Ourthe et de la Vesdre. Le tableau suivant les indique, année par année, pour chacun de ces deux bureaux, depuis 1814 jusqu'à 1819.

ANNÉES.	CHÊNÉE.		TILF.		TOTAL.	
	DROITS.	TIMBRE.	DROITS.	TIMBRE.	DROITS.	TIMBRE.
	Florins.	Florins.	Florins.	Florins.	Florins.	Florins.
1814	1031 30	»	1037 65	»	2068 95	»
1815	2233 25	546 40	2348 50	529 70	4581 75	1076 10
1816	2188 45	532 00	2209 40	497 70	4397 85	1029 70
1817	2653 71	698 94	2613 23	654 07	5266 94	1353 01
1818	1276 85	488 57	2087 37	530 47	3364 22	1019 04
1819	2854 78	779 25	2917 84	788 25	5772 62	1567 50

Le last-geld, espèce de patente pour chaque bateau, fut, en outre, imposé aux bateliers par la loi du 15 septembre 1816; mitigé le 12 mai 1819, abrogé le 12 juillet 1821, il a finalement été remplacé par la patente personnelle.

§ 3. — *Règlement du 30 octobre 1820.*

Par suite de l'arrêté royal du 19 décembre 1819, qui mettait l'administration de la Meuse et de ses affluents a différentes provinces que traversent ces rivières, un nouve tarif fut adopté, de commun accord, par les états députés Namur, de Liége et du Limbourg, et approuvé par arr royal du 30 octobre 1820.

Les trois bureaux pour l'Ourthe étaient : le premier a Vennes, le deuxième à Tilf et le troisième à Douflamme.

Le droit à payer par chaque bateau passant devant ces l reaux, était de trois centièmes de florin, à raison de chaq tonneau ou mètre cube que contenait la capacité du batea il se réduisait au tiers pour les bateaux vides.

La perception d'après ce règlement, qui spécifiait quelq exemptions pour les services publics et pour l'agricultu produisit annuellement environ de 10 à 12,000 francs.

La voici pour les trois premières années de l'administr tion de la province.

ANNÉE.	BUREAU DE			TOTAL.	OBSERVATIONS.
	CHENÉE.	TILF.	DOUFLAMME.		
	Florins.	Florins.	Florins.	Florins.	Les recettes pour la Vesdre, bureau de Chênée, et pour l'An blève, au bureau de Douflamm sont confondues avec celles l'Ourthe ; en 1820, elles ont été 102 fl. 04 pour la première, et 217 fl. 65 pour la seconde. Les recettes de 1820, mises parce qu'elles se rapportent à l'a ministration de l'Ourthe par province de Liége, ont été effe tuées d'après le tarif de brumai an XIV.
1820	1686 03	1671 25	1725 37	5082 65	
1821	1720 00	1810 00	1100 00	4630 00	
1822	1620 00	2320 00	1010 00	5950 00	

Les baux pour trois autres années consécutives, au pr de la province de Liége, du 1er janvier 1824 ou 31 décemb 1826, ont été conclus aux prix de 4,925 florins pour Ch

née, de 4,875 florins pour Tilf, et de 2,455 florins pour Douflamme.

Depuis que, par arrêté royal du 1er juillet 1827, l'administration de l'Ourthe a été confiée à la société du Luxembourg, les péages ont été perçus au profit de cette société, mais toujours d'après le règlement du 30 octobre 1820.

Leur produit total par année est moyennement de 10,500fr. En voici le relevé depuis le 1er avril 1828.

ANNÉE.	MONTANT DES ADJUDICATIONS par bureau.			TOTAL des ADJUDICATIONS.	OBSERVATIONS.
	CHÊNÉE.	TILF.	DOUFLAMME.		
	Francs.	Francs.	Francs.	Francs.	
1828	2195 75	4074 06	1613 74	7883 55	Les péages pour 1828 ne comprennent que les neuf derniers mois.
1829	2927 66	5432 08	2151 65	10511 39	
1830	2927 66	5432 08	2151 65	10511 39	
1831	2962 96	3492 06	1693 12	8148 14	
1832	2962 96	3492 06	1693 12	8148 14	
1833	2962 96	3492 06	1693 12	8148 14	
1834	2962 96	3492 06	1693 12	8148 14	
1835	2962 96	3492 06	1693 12	8148 14	
1836	4761 90	4232 80	2645 50	11640 21	
1837	4761 90	4232 80	2645 50	11640 21	
1838	4761 90	4232 80	2645 50	11640 21	
1839	4973 54	4656 08	2857 14	12486 77	
1840	4973 54	4656 08	2857 14	12486 77	
1841	4973 54	4656 08	2857 14	12486 77	
1842	4973 54	4656 08	2857 14	12486 77	

Il résulte clairement de ce tableau que le prix des fermages s'élève à chaque nouvelle adjudication.

VII.

PASSAGES D'EAU.

LEUR EMPLACEMENT ET LEUR PRODUIT.

§ 1. — *Législation.*

Sur l'Ourthe, comme sur la plupart des rivières, les passages d'eau étaient autrefois devenus des propriétés particulières ([1]).

([1]) L'établissement d'un passage d'eau, dans l'ancien pays de Liége, était un droit régalien, et, quoiqu'il y ait eu, sur les rivières du pays, des bacs, nacelles ou passe-cheval appartenant à des particuliers, les princes-évêques ont toujours considéré la faculté de les établir et la perception des droits comme *un de leurs régaux.*

On trouve dans les archives de la province de Liége d'anciens baux pour les passages d'eau de la Meuse. « Stuit du passage de la riuiere de Meuse au rivage de Beaurepart et Thour en Beche, parmy 2 florins d'or de Rhin, le 2 avril 1621. » *Répertoire de la chambre des finances.*

Dans un mandement du 22 septembre 1732, le prince, en approuvant un recès réquisitoire des États, en date du 13 du même mois, relatif « au nouveau passage de la *Bage* de Tilleur à Seraing, » adopte le tarif qui lui est proposé, et ajoute : « Déclarons, en outre, de céder au profit de nos États les droits du dit passage. »

Voici ce tarif.

« Droits qui se paieront au nouveau passage de la Meuse par la Bage de Tilleur à Seraing :

	Fls.	S[s].	L.
Pour un carosse à quatre chevaux	1	10	»
Pour un à six	2	»	»
Pour un à deux	1	»	»
Pour une calèche à un cheval	0	15	»
Pour une charette attellée de quatre chevaux	1	10	»
Pour une à deux	1	»	»
Pour une à un cheval	0	15	»
Pour une charette à vuide, attellée de trois ou quatre chevaux	1	»	»
Pour le passage d'un cheval sellé, y compris la personne	»	2	2
Pour un cheval de cosson ou voituron, chargé ou non, y compris le conducteur	»	1	2
Pour un bœuf	»	2	2
Pour une vache	»	2	2
Pour un veau	»	»	1
Pour un cent de moutons	»	10	»

Aujourd'hui, et depuis l'époque de la réunion de la Belgique à la France, les passages publics sur les rivières ne peuvent appartenir à des particuliers, lors même qu'elles ne sont pas navigables, et les droits exclusifs de bacs sur les fleuves et rivières ont été supprimés par la loi du 25 août 1792.

	Fls. S. L.
Pour une chèvre	» — » — »
Pour un porc	» — » — 1
Pour une personne à pied	» — » — 1

« Et lorsque les eaux seront débordées, on payera le double du présent tarif.

» Et pour chaque personne à pied	» — 1 — »

Ce tarif est modifié par un mandement de 1733.

« Les Députés de nos États du pays de Liége et comté de Looz, Nous ayant présenté leur recès en date du 9 courant, avec le nouveau tarif ci-dessous inséré, par lequel ils ont modéré, selon Nos intentions, celui qui avait été fait et approuvé, le 13 septembre 1732, pour régler les droits qui s'exigeront à l'avenir pour le passage de la Bage de Tilleur à Seraing, Nous déclarons de l'agréer et confirmer de notre authorité principale, ordonnant que la présente soit affichée, pour que tous et un chacun s'y conforment. Donné à Seraing, le 12 juillet 1733. GEORGE-LOUIS.

« S'ensuit le dit tarif des droits à payer au passage d'eau à Seraing, quand les eaux seront basses :

Pour un carosse à six chevaux	1 — 10 — »
Pour un à quatre chevaux	1 — 2 — 2
Pour un carosse à deux chevaux	» — 15 — »
Pour une calèche à un cheval	» — 10 — »
Pour un chariot à six chevaux, chargé	1 — 10 — »
Pour un chariot à six chevaux, à vuide	1 — » — »
Pour une charette à quatre chevaux, chargée	1 — » — »
Pour une à vuide, à quatre chevaux	» — 15 — »
Pour une charette à trois chevaux, chargée	» — 15 — »
Pour une à vuide	» — 10 — »
Pour une charrette à deux chevaux, chargée	» — 10 — »
Pour une à vuide	» — 5 — »
Pour une charette chargée, à un cheval	» — 8 — »
Pour une vuide	» — 4 — »
Pour un cheval sellé, avec la personne	» — 1 — 2
Pour un cheval de cosson, chargé ou non, y compris le conducteur	» — 1 — »
Pour un bœuf	» — 1 — 1
Pour une vache	» — 1 — »
Pour un veau	» — » — 1
Pour un cent de moutons	» — 10 — »
Pour une chèvre	» — » — 1
Pour un porc	» — » — 1

La *Loi du 6 frimaire an VII, relative au régime, à la police et à l'administration des bacs et bateaux sur les fleuves, rivières et canaux navigables*, est, pour ainsi dire, le code en cette matière. La suppression des droits exclusifs, prononcée en 1792, avait été suivie d'une véritable anarchie, à laquelle des dispositions législatives incomplètes n'avaient pu remédier. Le désordre allait en augmentant ; enfin, en l'an VII, la législature, « considérant que la sûreté personnelle des citoyens, le maintien du bon ordre et de la police, l'intérêt même du trésor, exigent que l'administration et la fixation des droits à percevoir sur les bacs, bateaux, passe-cheval, établis ou à établir aux traverses des fleuves, rivières et canaux navigables, soient promptement réglés, afin de détruire l'arbitraire et les vexations auxquels le défaut de

	Fls.	S.	L.
Pour une personne à pied.	»	»	1

« Et quand la Meuse sera haussée de trois quatre pieds, et sera débordée jusques au travers de la Croix de fer, on payera comme s'ensuit :

	Fls.	S.	L.
Pour un carosse à six chevaux.	2	»	»
Pour un à quatre chevaux.	1	10	»
Pour un à deux chevaux.	1	»	«
Pour une calèche à un cheval.	»	12	2
Pour un chariot chargé, à six chevaux.	2	»	»
Pour un à vuide.	1	10	»
Pour une charette chargée à quatre chevaux.	1	10	»
Pour une à vuide	1	»	»
Pour une à trois chevaux	1	5	»
Pour une à vuide.	»	17	2
Pour une charette chargée, à deux chevaux.	»	17	2
Pour une à vuide	»	12	2
Pour une charette chargée, à un cheval.	»	12	2
Pour une à vuide	»	10	»
Pour un cheval de selle, avec la personne.	»	2	2
Pour un cheval de cosson, avec son conducteur.	»	1	2
Pour un bœuf	»	2	»
Pour une vache.	»	1	2
Pour un veau.	»	»	1
Pour un cent de moutons	»	12	2
Pour une chèvre.	»	»	1
Pour un porc	»	»	2
Pour une personne à pied	»	»	2

On peut comparer ces tarifs avec ceux des passages d'eau actuels, et cette comparaison ne laisse pas d'être curieuse.

de surveillance active et permanente donne lieu, » porte la loi du 6 frimaire.

Cette loi règle tout : la police, le mode d'adjudication, l'acquit des droits de bacs, la comptabilité, la destination des produits et les pénalités.

Par l'arrêté du 14 floréal an X, le gouvernement a été autorisé à déterminer, pour chaque département, le nombre et la situation des bacs ou bateaux de passage sur les fleuves, rivières et canaux, et à fixer le tarif pour chacun d'eux.

Et l'arrêté du 8 floréal an XII détermine la durée des baux, assimile l'administration de leurs produits à celle des taxes pour l'entretien des routes, et règle leur emploi.

§ 2. — *Emplacement et produit des passages d'eau sur l'Ourthe.*

Le tableau suivant indique l'emplacement de chaque passage d'eau, la commune dans laquelle il est situé, ainsi que le prix du fermage, d'après la dernière adjudication.

PROVINCE.	DÉSIGNATION du PASSAGE D'EAU.	COMMUNE OU LE PASSAGE D'EAU EST ÉTABLI.	FERMAGE ANNUEL.	OBSERVA
			Francs.	
Luxembourg.	Cense-au-Pont. . .	Cense-au-Pont . . .	»	
»	Maboge.	Maboge.	»	
»	Jupille.	Jupille.	»	Ces passages d'ea desservis par des pa
»	Marcourt.	Marcourt	»	
»	Hampteau.	Hampteau.	»	
»	Bardonwez.	Beffe.	»	Ce passage asse établit les commun canton d'Erezée et e est desservi par le m
»	Eneilles.	Grand-Han	2	
»	Chêne-à-Han	Grand-Han.	119	Ces passages d'e quentés, quoique le ges perçus par la très-bas.
»	Petit-Han.	Petit-Han.	4	
»	Petit-Barvaux. . . .	Barvaux.	150	Le fermage est pe mune.
»	Bomal.	Bomal.	»	Le fermier ne pay mune et reçoit annu de grain de chaque
Liége.	Sy.	Vieuville	6	Dans toute la prov passages d'eau sont de l'État, excepté u sur le bras navigabl pendance de la Hama tanneurs.
»	Fairon.	Fairon	10	
»	Comblain-la-Tour. .	Fairon	300	
»	Le Rivage.	Comblain-au-Pont	5	
»	Comblain-au-Pont.	Comblain-au-Pont	530	
»	Chanxhe.	Sprimont.	380	
»	La Gombe.	Hody	200	
»	Esneux	Esneux	1,090	
»	Hony	Esneux	110	
»	Tilf	Tilf	1,260	
»	Campana	Embourg.	40	
»	Grosses-Battes. . .	Angleur.	1,010	
»	Vennes.	Liége	40	
»	Froidmont	Liége	85	
»	Fétinnes.	Liége	1,420	
»	Barbou	Liége	900	

VIII.

TRANSPORTS.

MOUVEMENT DES MARCHANDISES.—VARIATIONS DU FRET.

---

§ 1. — *Mouvement des marchandises.*

Les transports en descente se composent de bois, de pierres de taille, de pavés, de marbres, de chaux, de fers, de minerais, de charbon de bois, de grains et autres produits agricoles ; en remonte, ce sont des charbons de terre pour les usines et pour le chauffage, de la chaux, des produits manufacturés, des denrées coloniales, etc.

Les bateaux employés à ces transports sont de deux espèces : le petit bateau d'Ourthe et les bateaux de la Vesdre et de l'Amblève.

Le petit bateau d'Ourthe, qui navigue également sur la Meuse, ne peut, dans aucun temps, recevoir une charge pleine, à cause des pertuis qu'il faut franchir et du danger d'être submergé au passage. Sa longueur est de 23 à 25^{m}, sa largeur de 2^{m}20, son tirant d'eau de 0^{m}90, et, quoiqu'il jauge 15,000^{k}, le *maximum* de son chargement est de 12,000^{k}. On ne l'emploie guère pour un transport au-dessous de douze tonneaux.

Les bateaux de la Vesdre et de l'Amblève ont 20^{m}60 de longueur, 1^{m}50 de largeur, et un enfoncement de 0^{m}65 ; leur chargement *maximum* est de 7 à 8,000^{k}. Dans les basses eaux, par conséquent pendant plus de six mois de l'année, ils ne portent plus que de 2 à 3,000^{k}, par des eaux de 0^{m}30 à 0^{m}35, et ils cessent généralement de naviguer lorsque le mouillage qu'ils pourraient prendre n'étant que de 0^{m}15 à 0^{m}18, ils seraient réduits à une charge de 12 à 1500^{k}.

Il y avait autrefois une barque de Liége à Chaudfontaine

pour le transport des voyageurs (1); aujourd'hui il n'exist de service de ce genre que de Liége à Tilf. La barque de Ti établie en 1834, ne marche que l'été, du mois d'avril a mois d'octobre, et seulement une fois par semaine.

Plusieurs villages des bords de la Meuse ont des nacelles q se rendent à Liége avec des produits agricoles, à certai jours de la semaine; ces nacelles, soit en descente, soit remonte, ne transportent habituellement d'autres voya geurs que des femmes, qui se rendent le matin au marcl pour y vendre des denrées et s'en retournent le soir av leurs emplètes. Il n'en est pas de même sur l'Ourthe, do les eaux ne comportent pas la ponctualité nécessaire à pareilles barques.

Pour les commissions et les marchandises sur Barvau

(1) La barque de Chaudfontaine était fort ancienne; elle est mentionr dans plusieurs mandements relatifs à l'Ourthe et à la Vesdre.

Le dernier diplôme qui la concerne est de 1794.

« S. A. déclare d'avoir rendu et continué, comme par cette elle rend continue Jean-Joseph Pire, du village de Fraipont, dans le stuit des barq de Chaudfontaine lui fait pour six ans, le 25 avril 1780, et ce aux pr clauses et conditions dont au dit stuit. Donné en sa chambre des compt à Liége, le 17 décembre 1784. » *Archives de la province de Liége.*

Le 19 mai 1786, les mêmes barques sont adjugées à Nicolas Pirard, Prayon, moyennant un rendage annuel de 60 florins, obtenus sur la mis prix de 20 florins, par huit hausses de 5 florins chacune.

Voici les principales clauses du cahier des charges.

« L'obtenteur sera obligé de servir fidèlement le public, et devra av deux bateaux couverts d'une bonne toile cirée, sur charpente de bo comme étaient les précédentes, et devra faire peindre les armes de S. A. a deux côtés de la dite toile.

« La barque devra partir tous les jours à sept heures précises du mati afin qu'on puisse se baigner avant le midi, et tous les jours de Chaudfonta à 5 heures et 1/2, pendant les mois de mai, juin, juillet et août, et aprè mois d'août, la barque devra partir plus tôt, selon la plus grande commod du public; voire que pendant une heure avant de partir on sonnera tr fois la cloche de la chapelle, comme il s'est pratiqué ci-devant.

L'obtenteur sera obligé de partir tous les jours, depuis le premier de n inclus, jusqu'au premier octobre exclu, voire qu'il lui sera libre de par aussi avant le premier de mai et après le dernier de septembre, si faire le ve

« Le repreneur et ses gens ne pourront exiger pour chaque personne q dix sous en montant, et cinq sous en descendant.

« Pour ce qui excèdera les trente livres pesant, on payera à proportion vingt sous par cent. » *Ibid.*

Durbuy et les villages intermédiaires, il y a chaque jour des bateliers arrivant de Barvaux ou partant de Liége ([1]); au delà, et pour tous les points supérieurs de l'Ourthe, vers Hotton et La Roche, il n'y a ni régularité ni certitude dans les arrivées ou les départs ([2]) : il faut saisir les occasions qui se présentent (II, § I).

On compte sur l'Ourthe 159 bateaux, d'un tonnage total de 2,019 tonneaux ; chacun d'eux fait 60 voyages par année, d'un parcours moyen de 20 kilomètres.

Les mêmes bateaux naviguent sur toute l'étendue de la rivière et servent à toute espèce de marchandise ; mais les transports diffèrent selon les points entre lesquels ils s'effectuent.

1° *Des deux Ourthes à la Roche.* —Aucune marchandise ne remonte au delà de La Roche.

Des deux Ourthes jusqu'à La Roche, il ne descend que du bois flotté ou à buches perdues.

Lorsque la hauteur des eaux le permet, les bateaux vont jusqu'en un lieu dit Hatile, à deux lieues environ en amont de La Roche, et y chargent du charbon ou des bois sciés, qu'ils conduisent à Liége ou sur des points intermédiaires.

Le tonnage total peut s'élever annuellement à 10,000 tonneaux.

([1]) Des bateaux descendent plusieurs fois par semaine de Chênée, d'Angleur, d'Embourg, de Tilf, d'Esneux et de Comblain-au-Pont, avec des pierres à bâtir, des pavés, etc.; mais il n'y a pas plus de fixité dans les voyages que dans la nature du chargement.

([2]) Dépourvue de barques régulières pour les voyageurs, la vallée de l'Ourthe n'est pas mieux partagée en services de messageries ; à l'exception de Chênée, qui a de nombreux moyens de transport et par où passent les diligences de Verviers, les chars-à-bancs de Chaudfontaine et le chemin de fer de l'État, aucune localité n'est desservie par des diligences. Il en part une tous les jours, il est vrai, de Liége pour Bastogne par la route de l'Amblève, et elle passe à Embourg, Beaufays et Sprimont; deux chars-à-bancs desservent la même route de Liége jusqu'à Aywaille : l'un date du 31 janvier 1839, l'autre du 23 août dernier ; mais la route même est en dehors de la vallée de l'Ourthe, et c'est à cela que se bornent jusqu'ici les services de diligences profitables aux villages de cette vallée.

2° *De La Roche à Barvaux.*— Les transports en descente, de La Roche sur Barvaux et sur Liége, se composent de charbon, de bois sciés et autres, de fers, de laines, de cuirs tannés, de poteries de grès, de chiffons, etc., et vont par an à 30,000 tonneaux, dont 20,000 descendent jusqu'à Liége.

On remonte jusqu'à La Roche toutes sortes de produits, comme vin, huile, eau-de-vie, bierre, grains, houblon, sel, houille, merceries, cuirs verts, pierres de taille, chaux, etc.

Ces transports forment un total d'environ 15,000 tonneaux par année.

3° *De Barvaux à Liége.* — Les marchandises qui descendent de Barvaux sur Liége sont principalement des bois de toute espèce, des fers, du minerai, des pierres, des laines, des céréales, des pommes de terre, du foin et autres produits de l'agriculture.

La remonte consiste surtout en houille, coke, fer en gueuse, cuirs verts, cendres de Malines et de Hollande, froment, spiritueux, huile, savon, sel, sucre, café, et autres denrées coloniales en très-grande quantité. On l'évalue aux trois cinquièmes de la descente.

Le tonnage annuel de ces diverses marchandises peut être approximativement de 65,000 tonneaux.

Voici le tableau des bateaux qui ont navigué sur l'Ourthe, année par année, depuis le 1er janvier 1831 jusqu'au 31 décembre 1842, et la totalité de leurs transports, exprimée en tonneaux, relevée au bureau de Tilf.

ANNÉE.	EN DESCENTE.		EN REMONTE.		CHARGEMENT MOYEN.	TONNAGE TOTAL.
	CHARGÉS.	A VIDE.	CHARGÉS.	A VIDE.		
					Tonneaux.	Tonneaux.
1831	3,605	»	1,500	2,105	10	51,050
1832	3,730	»	1,450	2,280	»	51,800
1833	3,667	»	1,475	2,192	»	51,420
1834	3,748	»	1,462	2,286	»	52,100
1835	3,707	»	1,468	2,239	»	51,750
1836	4,426	»	1,840	2,586	»	62,660
1837	4,730	»	1,935	2,795	»	66,630
1838	5,155	»	2,455	2,700	»	76,100
1839	4,166	»	1,783	2,383	»	59,490
1840	3,599	»	2,023	1,576	»	56,220
1841	6,030	»	2,113	3,917	»	81,430
1842	4,700	»	1,787	2,913	»	64,870

La moyenne des transports au-dessous de Barvaux, jusqu'à Tilf, est donc d'environ 40,000 tonneaux en descente, et de 25,000 en remonte.

Au bureau de Chênée, les bateaux qui acquittent les droits sont au nombre de 12 à 13,000, dont un tiers à vide; des deux tiers restants, 6,000 environ descendent avec une charge moyenne de 10 tonneaux, et 3,000 remontent avec cette même charge, ce qui fait un tonnage total de 60,000 tonneaux pour la descente, et de 30,000 pour la remonte.

Les transports intermédiaires, de Tilf à Chênée et de Chênée à la Meuse, qui ne passent pas devant le bureau et qui par conséquent n'acquittent aucun droit, sont assez considérables.

Entre Tilf et Chênée, ces transports s'élèvent, ou à peu près, à 25,000 tonneaux en descente, et à 8,000 en remonte; de la Meuse à Chênée, la remonte est de 25 à 30,000 et la descente de plus de 20,000.

Le mouvement annuel des marchandises sur l'Ourthe, de La Roche à Liége, peut donc être considéré comme formant un total de 160 à 170,000 tonneaux, ou, eu égard aux

distances parcourues, de 1,100,000 tonneaux pour u distance réduite de 5 kilomètres ([1]).

Ce mouvement est singulièrement variable; on voit p les chiffres de 1838 et de 1841, dans le tableau ci-dessu combien il est susceptible de s'accroître dans les années les bonnes eaux de navigation ont de la durée.

Comme on ne peut pas s'entourer de trop de renseign ments sur un point aussi difficile à constater que le mouv ment réel des marchandises, je joins ici le relevé d bateaux, aux trois bureaux de péage, pendant les dou dernières années, tel qu'il a été opéré par les soins de société du Luxembourg. Les différences qu'il présente av le passage au bureau de Tilf donné plus haut, s'explique en partie par le tonnage attribué aux bateaux vides ([2]).

([1]) M Vifquain, dans ses *Voies navigables en Belgique*, et d'après d'aut données sans doute, évalue les transports « sur l'Ourthe améliorée, de Li à La Roche, à 100,000 tonneaux parcourant 4 à 5 lieues. »

Les renseignements à ce sujet m'ont été fournis par des personnes très fait du commerce de l'Ourthe; j'en suis particulièrement redevable à exploitants, à des riverains, et surtout aux bourgmestres de La Roche, Tilf et de Chênée.

J'ai tâché de ne donner que des chiffres exacts, relatifs à l'époque actue

D'après une note du bourgmestre de La Roche, les transports descente, des deux Ourthes à cette ville, et, en remonte, de Barvaux ver même point, étaient autrefois beaucoup plus considérables; la diminut que l'on remarque depuis quelques années, provient de la détérioration d de la rivière, qui devient de plus en plus impropre à la navigation.

On abandonne l'Ourthe et on lui préfère la route de terre pour certa produits.

Les pierres de l'Amblève, par exemple, descendent à Liége par les rou d'Aywaille et de Spa : il y a moins de frais que par la rivière.

([2]) Ce tableau et celui des péages de 1828 à 1842 (VI, § 3), m'ont fournis par la société du Luxembourg. Je les dois à M. Dupont, ingénieur cette société, dont le directeur, M. Charles Morel, a fait preuve en c circonstance de son obligeance accoutumée.

ANNÉE.	CHÊNÉE.			TILF.			DOUFLAMME.			TONNAGE TOTAL.	Observations.
	CHARGÉS.	A VIDE.	TOTAL.	CHARGÉS.	A VIDE.	TOTAL.	CHARGÉS.	A VIDE.	TOTAL.		
			Tonneaux.			Tonneaux.			Tonneaux.	Tonneaux.	
1831	4,639	1,913	52,766	5,105	2,105	58,066	2,683	254	31,425	142,257	Le chiffre de la dernière colonne ci-contre indique seulement le tonnage total des chargements qui ont acquitté les droits à leur passage devant un bureau, et nullement le total des transports sur le parcours entier de la rivière.
1832	5,641	2,467	64,633	5,180	2,280	59,399	3,237	334	41,453	165,485	Il est à remarquer aussi que les évaluations, aux bureaux de Chênée et de Tilf, ont été faites d'après la capacité moyenne de 10 tonneaux pour les bateaux chargés, et de 3 tonneaux et 1/3 pour les bateaux vides. Dans le tableau ci-dessus du bureau de Tilf, la moyenne des bateaux chargés est bien la même, mais, pour les bateaux vides, on a pris une autre base : ils sont supposés n'avoir aucun chargement.
1833	6,465	2,837	74,106	5,880	2,580	67,400	3,356	630	43,029	184,535	
1834	6,589	3,289	76,853	6,451	3,251	75,346	3,029	498	37,029	189,228	
1835	6,185	3,105	72,200	6,017	3,017	70,226	3,047	417	36,587	179,013	
1836	8,343	3,443	94,906	6,266	2,586	71,280	3,267	923	45,738	211,924	
1837	10,360	4,344	118,080	6,665	2,795	75,966	4,053	1,880	64,246	258,292	
1838	10,675	3,787	119,373	7,610	2,700	85,100	3,349	2,004	59,156	263,629	
1839	10,176	4,076	115,346	5,949	2,383	67,433	3,439	1,123	48,354	231,133	
1840	10,951	4,257	123,700	6,622	2,576	74,806	3,503	1,985	58,547	257,053	
1841	9,668	4,652	112,186	8,143	3,917	94,486	3,297	2,234	60,233	266,905	
1842	7,316	3,286	84,113	6,487	2,913	74,580	3,139	1,346	48,654	207,347	

Ce relevé montre, par les colonnes relatives au bureau de Tilf, qu'il n'y a rien d'exagéré dans les chiffres que j'ai recueillis, et qu'on peut y avoir quelque confiance.

§ 2. — *Établissements industriels qui usent de l'Ourthe pour leurs transports.*

Entre Barvaux et La Roche, les principaux établissements industriels qui transportent par eau leurs matières premières et leurs produits, sont : un moulin à tan, une forge, quatre scieries, onze moulins à farine, les fours à chaux et les carrières de Hampteau.

De Barvaux à Liége, les établissements sont plus nombreux et bien autrement importants : 24 moulins à farine, 3 moulins à tan, 3 à battre le chanvre, 1 à l'huile, 1 à broyer les couleurs, 1 à raper le tabac, 1 scierie de marbre, 8 laminoirs pour le fer, 2 pour le zinc, 4 martinets, 5 fonderies de fer, 2 de zinc, 2 fenderies pour le fer, 30 carrières et plus, de grès à paver et de calcaire, en pleine exploitation, 7 de granit, 2 de marbre, dont une de marbre rouge et blanc, 3 tanneries, 1 filature de laine, 1 moulin à vapeur, 1 verrerie, des houillères à Grivegnée, des minières au-dessus d'Esneux, des fours à chaux, des distilleries, des briqueteries, etc., sans compter les établissements en dehors de la vallée, ni, parmi la multitude d'usines et d'exploitations de tout genre que renferme la ville de Liége, celles qui tirent avantage de la navigation de l'Ourthe.

Si cette navigation était perfectionnée, qu'elle ne fût pas fréquemment interrompue, par les glaces et les débordements en hiver, par les basses eaux en été, on calcule que les transports en descente, minerais de fer, chaux, pierres à paver, pierres de taille, granit et marbre, seraient plus que quadruplés, et la remonte triplerait au moins en charbon, produits manufacturés, engrais, etc.

§ 3. — *Variations du fret.*

Il est certain qu'il y a impossibilité, pour un exploitant des bords de l'Ourthe, de prendre l'engagement de livrer à jour fixe, et pareillement impossibilité, pour le consommateur ou le négociant, de compter sur des produits qui doivent lui parvenir par cette rivière. De là les variations que subit le fret.

En descente, de La Roche à Hotton, il est communément de 5 francs par tonneau, pour une distance de 18 kilomètres, et par conséquent de 0fr277 par kilomètre et par tonneau ; en remonte, il est le double.

De Hotton à Barvaux, pour une distance de 25 kilomètres, le tonneau se paye 6 francs, et revient à 0fr24 par kilomètre. Il faut doubler le prix pour la remonte.

De Barvaux à Liége, la navigation ayant plus de fixité, parce qu'elle est mieux établie, le prix est moins élevé ; il n'est plus, par tonneau, que de 5 francs pour 54 kilomètres, ou de 0fr092 par kilomètre ; mais il faut encore le doubler pour la remonte et payer 0fr184, par kilomètre et par tonneau.

Lorsque les eaux sont fortes, que la descente de Barvaux à Liége peut se faire en 4 ou 5 heures, et que cet état de la rivière présente quelque continuité (II, § 1), le fret tombe jusqu'à 3 francs [1]; mais, pour peu que les circonstances soient défavorables, il monte jusqu'à 8 francs et quelquefois au delà.

[1] Le 26 avril 1843, les eaux de la Meuse étant à 1m42 à l'échelle du pont des Arches, un bateau d'Ourthe tirant 0m437, avait du mal à descendre de Barvaux à Liége, avec une charge de 7,000 kilogrammes : il touchait sur tous les courants. C'est cette hauteur d'eau que les bateliers préfèrent, parce qu'avec des eaux plus élevées, le fret diminue : six à sept tonneaux de charge, disent-ils, c'est ce qu'il y a de mieux.

En 1842, les eaux ont été continuellement basses, et l'Ourthe n'a presque pas été navigable pendant les mois de juillet, août, septembre et octobre. Le 6 octobre, il n'y avait qu'une tranche d'eau de 0m15 sur les courants, entre Barvaux et Liége, la remonte ne s'effectuait qu'à grand' peine pour des bateaux chargés de 12 à 1500 kilogrammes, et il fallait les trainer sur le gravier à force de chevaux.

Il y a des années, comme en 1834 et en 1842, où les glac
de l'hiver, les sécheresses de l'été, sont un obstacle si loı
à la marche des bateaux, que les prix deviennent exorb
tants. Un exploitant de carrières dans la vallée de l'Ourth
qui livre des pierres en Hollande, payait, en 1842, *quaran
deux francs* pour le transport d'un mètre cube, et enco
était-il obligé de fournir jusqu'à six chevaux pour train
son chargement sur les barres de gravier; cette année, l
eaux s'étant maintenues assez constamment à une haute
moyenne, il ne paye plus que *dix francs*.

On ne comprendrait pas qu'une rivière si évidemment i
dispensable pût rester longtemps encore dans la situati
fâcheuse où elle est aujourd'hui (1).

Les prix payés, année commune, sur l'Ourthe et sur s
deux affluents navigables, sont indiqués dans le tableau su
vant.

(1) Les faits propres à établir qu'on ne saurait trop se hâter d'apporter à
navigation de l'Ourthe les améliorations que le commerce et l'industrie réc
ment, se multiplient tellement dans une année, qu'on ne saurait les ci
tous : ils se présentent en foule et l'on peut choisir.

Ainsi, en 1841, un architecte d'Amsterdam voulut contracter avec un
ploitant de l'Ourthe pour une fourniture de chaux, en laissant à cet exploit
la faculté d'en expédier autant et le plus qu'il pourrait, et celui-ci a été c
traint de refuser : l'incertitude de la navigation étant un obstacle insurm
table, invincible, il n'a pu prendre aucun engagement. Et cependant
l'heure qu'il est, il a plus de trente mille mètres cubes de moellons propres a
constructions, excellents pour toutes sortes d'ouvrages et pour la confectior
la chaux, dont il ne sait comment se débarrasser : il les emploie en remb
autour de sa carrière.

RIVIÈRES.	POINTS EXTRÊMES du PARCOURS.	Longueur du parcours.	TIRANT D'EAU. Étiage.	Eaux moyennes.	Hautes eaux navigables.	Tonnage des bateaux.	CHARGEMENT RÉEL Étiage.	Eaux moyennes.	Hautes eaux navigables.	DROIT PAR TONNEAU. Par bureau.	TOTAL.	FRET PAR TONNEAU POUR LE PARCOURS ENTIER. Descente.	Remonte.	PAR KILOMÈTRE. Descente.	Remonte.
		Kilom.	Mèt.	Mèt.	Mèt.	Tonn.	Tonn.	Tonn.	Tonn.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
AMBLÈVE. .	Remouchamps et Douflamme .	11	0,45	0,55	0,80	10 à 12	3	4 à 5	10 à 12	0,06	0,06	5,50	»	0,50	»
	Douflamme et Remouchamps .	11	0,45	0,55	0,80		2	3 à 4	5 à 6			»	8,25	»	0,75
OURTHE . .	La Roche et Hotton	18	0,15	0,60	0,90	10 à 12	»	3 à 4	9 à 11	»	•	5,00	10,00	0,28	0,56
	Hotton et Barvaux	25	0,15	0,60	0,90		»	3 à 4	9 à 11	»	»	6,00	12,00	0,24	0,48
	Barvaux et Liége	54	0,25	0,60	1,00		1 à 2	3 à 5	11 à 12	0,06	0,18	5,00	10,00	0,09	0,18
VESDRE . . .	Nessonvaux et Chênée	15	0,15	0,55	0,70	8 à 10	»	3 à 4	8 à 10	0,06	0,06	8,25	»	0,55	»
	Chênée et Nessonvaux	15	0,15	0,55	0,70		»	2 à 3	4 à 6			»	12,00	»	0,80

Le fret sur l'Amblève, quelque élevé qu'il soit ici, monte beaucoup plus haut encore dans les années de sécheresse, comme il vient de l'être dit pour l'Ourthe.

Sur la Vesdre, dont les eaux d'étiage ne sont plus navigables, les transports s'effectuent rarement dans toute la longueur du parcours indiqué, quoiqu'il n'ait que 15 kilomètres, et les prix subissent de grandes variations.

Quant à la durée des divers états des eaux, basses, hautes et moyennes, elle est à peu près la même sur chacune de ces rivières (I, § 2).

IX.

PROJETS.

AMÉLIORATION DU LIT. —CANAL DE MEUSE ET MOSELLE.

---

§ 1. — *Amélioration du lit.*

On ne voit pas que, dans les temps anciens, il ait été fait aucune tentative, conçu aucun projet, émis aucune proposition tendante à l'amélioration de la navigation de l'Ourthe. Les mandements avaient pour objet de maintenir la rivière en bon état, ils prescrivaient les mesures à prendre pour l'entretien, établissaient et renouvelaient les règles de police; mais il n'était nullement question de perfectionnements qui eussent eu pour effet d'augmenter le mouillage dans tout le cours de la rivière, et de la rendre navigable pour des bateaux d'un plus fort tonnage.

M. Lejeune avait apprécié l'importance que pourrait acquérir la navigation de cet affluent de la Meuse; dans ses deux rapports de frimaire an IX, il proposait d'enlever du lit tout ce qui s'opposait au libre écoulement des eaux, et de détruire

les obstacles qui en altéraient la régularité, les bateaux ne trouvant alors, comme aujourd'hui, que 0m15 en étiage (1).

(1) « La rivière d'Ourthe n'est pas navigable dans toutes ses parties situées sur le territoire du département de Sambre-et-Meuse, et n'est pas même navigable en tout temps. Ce n'est que pendant l'hiver, ou à la suite des pluies, que son volume d'eau est assez considérable, et, dans les temps de sécheresse, toute navigation cesse, par le défaut d'une quantité d'eau suffisante. Elle a deux sources qu'elle prend dans le département des Forêts et qui se réunissent dans celui de Sambre-et-Meuse, au lieu dit *Engreux*, et, après cette réunion, elle parcourt sur ce département une longueur développée d'environ 4 myriamètres, et passe par les petites villes de La Roche et de Durbuy, ainsi que par quelques villages, avant d'entrer sur le territoire du département de l'Ourthe, auquel elle donne son nom. Ces deux sources sortent auprès de deux petits villages, tous deux nommés *Ourthe*, distants d'environ 6 myriamètres, et situés, l'un près des limites du département de l'Ourthe, du côté de Reuland, et l'autre près de celles du département de Sambre-et-Meuse, vers Neufchâteau. La branche dite de *Houffalize*, en ce qu'elle passe par ce bourg, a 29,000m environ de longueur, et l'autre, qu'on nomme de Roumont, en ce qu'elle passe auprès de ce village, qui est assez connu (*), a 45,000m, aussi de longueur. La branche de Houffalize n'est flottable que sur environ moitié de sa longueur, et celle de Roumont l'est sur 3 myriamètres environ.

« Après la réunion de ces deux sources, la rivière d'Ourthe n'est encore que flottable jusqu'à la ville de La Roche, sur une longueur d'environ 2 myriamètres; mais il serait possible de la rendre navigable dans cette partie, et même d'étendre la navigation vers chacune de ses deux sources, dans les parties qui sont flottables. On aurait, à la vérité, l'inconvénient de la voir cesser pendant une partie de l'été; mais, dans les autres saisons, elle servirait à l'exportation des bois que fournit le département des Forêts, et à celle des charbons de bois et des fers qu'on y fabrique dans quelques usines.

« Entre La Roche et les limites du département de l'Ourthe, cette rivière est navigable par l'effet des digues de barrage de onze moulins qui sont construits sur ses rives, et à travers desquelles on a ménagé des pertuis pour le passage des bateaux. Ces moulins sont situés aux endroits qui vont être désignés, savoir: La Roche, Jupille, Marcourt, Bardonwez, Hampteau, Hotton, Monville, Noiseux, Eneilles, Durbuy et Barvaux.

« Ils sont tous nécessaires à la navigation; mais il est à desirer que celui de La Roche soit détruit pour être reconstruit au-dessus de la ville, en ce que, dans sa position actuelle, il occasionne, lors des crues, la submersion des faubourgs.

« On transporte par cette rivière les productions territoriales, et les denrées qu'on tire de la ville de Liége pour la consommation du pays, dans des barques qu'on ne peut charger que de 800 myriagrammes, lorsque la navigation est possible; car, indépendamment de ce qu'elle cesse lorsque les eaux

(*) Le village de Roumont était effectivement assez connu des voyageurs, qui, de Namur à Luxembourg, mettaient trois jours entiers, parfois trois jours et demi, pour faire le trajet par la diligence de Briard, la seule qui existât alors entre les deux villes; on arrivait le troisième jour à Roumont, chez un sieur Casaqui, dont l'auberge, très-bien tenue, était renommée au loin pour les vins et la bonne chère.

Il réitera ses propositions en l'an XI, et, quoique la dépense n'en fût pas considérable, elles ne furent pas accueillies.

sont basses, elle cesse encore dans les temps de crues, qui occasionnent des débordements fréquents. » *Mémoire du 1er frimaire an IX, sur l'état de la navigation dans le département de Sambre-et-Meuse ;* par M. LEJEUNE, ingénieur en chef de la direction de Sambre-et-Meuse.

« La rivière d'Ourthe, la plus considérable après celle de Meuse, prend ses sources dans le département des Forêts, traverse partie de celui de Sambre-et-Meuse, entre sur le territoire de celui de l'Ourthe, auquel elle donne son nom, à peu de distance au-dessous du moulin de Barvaux, et va se jeter dans la rivière de Meuse au droit de la ville de Liége. Elle passe dans les communes de Bomal, Hamoir, Comblain, Douflamme, Poulseur, Montfort, Chênée, Angleur et Liége, en parcourant une longueur de 65,000m, et reçoit dans son cours le ruisseau de Riadoré, au-dessous de Barvaux, celui d'Aisne, au-dessous de Bomal, la petite rivière d'Amblève à Douflamme, et celle de Vesdres à Chênée.

« Elle n'est pas navigable en tout temps, elle ne l'est même que pendant cinq à six mois d'hiver, ou à la suite des pluies, et, quand on veut effectuer par elle le transport de quelques denrées ou de quelques marchandises, il faut attendre et saisir le moment où elle éprouve des crues, et que ces crues donnent un volume d'eau suffisant.

« Les bateaux qui naviguent sur la rivière d'Ourthe ont 24m de longueur sur 2m20 de largeur, et prennent un tirant d'eau de 0m40, avec une charge de 400 myriagrammes ; mais, ainsi qu'on vient de le dire, on ne peut en faire usage que lors des grandes eaux, et dans tout autre temps, il est impossible de s'en servir et même de naviguer, à raison de ce qu'il ne reste que 0m15 au plus de hauteur d'eau.

« Dans une infinité de parties de cette rivière, son lit est obstrué par des bancs de gravier, des rochers et des pêcheries, qui s'opposent au passage des bateaux, et la navigation ne peut se faire que quand ils sont submergés et recouverts d'une quantité d'eau suffisante. Pour améliorer cette navigation, il est nécessaire de détruire tous ces obstacles et d'enlever du lit de la rivière tout ce qui l'encombre; mais ce travail serait dispendieux, et le gouvernement ne pourra peut-être pas de longtemps en faire la dépense. Cependant, si ce curement général est retardé, il faudra du moins en faire un partiel qui rende la navigation moins dangereuse, surtout dans l'endroit qu'on va désigner, et où les navigateurs ne passent pas sans être exposés à périr.

« Au-dessous du village de Bomal, à l'endroit dit le Rocher noir, il s'est formé, contre une des rives, un banc de gravier considérable, qui s'oppose au courant de la rivière et le force à se porter, par une courbe rapide, sur le rocher qui borde l'autre rive, entre laquelle il ne laisse qu'un passage très-étroit ; et si les mariniers ne manœuvrent pas avec la plus grande célérité et la plus grande précision, pour faire prendre à leurs bateaux la direction du courant et se tenir au milieu du passage, ils sont portés avec impétuosité contre le rocher, s'y brisent et périssent.

« Ces obstacles ne sont pas les seuls à la navigation ; on en rencontre même dans l'établissement des usines établies sur le cours de cette rivière, qui devraient produire l'effet contraire ; mais, par leur multiplicité aux abords

M. Deschamps, son successeur, a renouvelé les mêmes propositions et en a fait d'analogues pour les compléter; mais elles n'eurent pas plus de succès ([1]).

de Liége, on a tellement diminué le volume d'eau de la rivière, qu'il en reste à peine pour le passage des petites barques à vide.

Ces usines sont au nombre de vingt, sur une longueur de cinq kilomètres environ, mesurés à partir du confluent de la rivière d'Ourthe avec celle de Meuse ; chacune d'elles prend une portion des eaux de la rivière, et, quand toutes sont alimentées à la fois, il ne reste pas 0m16 d'eau pour la navigation.

« Le défaut de chemin de halage est encore une entrave à la navigation; il n'existe sur le bord de la rivière qu'un étroit sentier, à peine suffisant au passage d'un cheval ; dans bien des endroits, il n'en existe pas, et les chevaux alors sont forcés de marcher dans la rivière. Le halage ne se fait qu'en remontant, souvent à vide, ou avec des charges peu considérables, et quand les bateaux descendent, ils profitent de la vitesse du courant. » *Mémoire sur l'état de la navigation dans le département de l'Ourthe*, du 26 *frimaire an* IX; par M. Lejeune, ingénieur en chef de la direction de Sambre-et-Meuse.

([1]) « Les travaux les plus indispensables à exécuter sur cette rivière, sont compris entre le château du Monceau, au delà d'Esneux, et l'embouchure de l'Ourthe dans la Meuse, près la Tour en Bêche, à Liége. Ils consistent dans le rétablissement et le rélargissement des chemins de halage, auxquels il faut de *toute nécessité* donner *quatre mètres* au moins de largeur, et dans la destruction de quelques attérissements.

« Depuis le Monceau jusqu'à Colonster, le halage est encore assez praticable, tantôt sur une rive, tantôt sur l'autre ; mais depuis ce point jusqu'à l'embouchure de l'Ourthe, ce n'est qu'un sentier étroit, qui manque en une infinité d'endroits; les haies des riverains touchant aux eaux de la rivière, les chevaux sont obligés de cheminer dans le lit même, à travers d'anciens pieux, de grosses pierres, dans les fanges, et sur le bord de précipices dans lesquels il arrive souvent que les hommes et les chevaux sont entraînés.

« Après que le rélargissement de quatre mètres au moins aura été donné sur toute la longueur au chemin de halage, il sera nécessaire d'assurer la rive par des pérés ou digues à pierres sèches, dont le pied sera appuyé par un rang de pilots, battus au-dessous des plus basses eaux et garnis d'un bon enrochement.

« Dans d'autres endroits, il suffira de piqueter, clayonner et fasciner la base de la berge.

« Quant aux attérissements à dissiper, c'est au droit et à quelque distance au-dessus du Monceau, qu'il est le plus urgent de remédier à ces obstacles qu'éprouve la navigation. La rivière d'Ourthe a presque entièrement abandonné son lit pour se jeter dans les prairies voisines, sur 500 mètres environ de longueur, et elle a formé un immense banc de gravier qui, séparant le bras navigable par une trop grande distance, empêche absolument le halage.

« Il faudrait barrer cette irruption de l'Ourthe par de petites digues basses, en fascines, piquets et pierres, ou par quelques vieux bateaux remplis de

Ce n'était encore là que des travaux d'entretien. Ils ne méritent d'être mentionnés que par cette circonstance assez remarquable, que, pendant plus de vingt ans, l'Ourthe paraît avoir cessé d'attirer les regards, de donner lieu au moindre travail, et qu'enfin elle a été réduite à un entier abandon.

Cependant on peut conjecturer que M. Lejeune, si la pénurie du trésor public n'y eût pas mis obstacle, aurait demandé plus que des travaux d'entretien, lui qui avait reconnu la possibilité de rendre la rivière navigable au-dessus de La Roche, « et même d'étendre la navigation vers

moellons, qu'on échouerait sous un angle très-incliné, le long de la berge entamée, et derrière lesquels on poserait les déblais d'un nouveau canal, qu'on ouvrirait, sur dix mètres de largeur, à travers l'attérissement. Il n'y a nul doute que, par suite de ces travaux, la rivière ne rétablit son lit dans la direction convenable et ne remblayât successivement ses rives actuelles.

« De là jusques près de l'embouchure de l'Ourthe, il se trouve encore quelques attérissements à dissiper, près la digue des Grosses-Battes et au point dit la Hamaide; mais ils sont peu importants. Il suffirait pour cela de couper des pointes trop saillantes que des propriétaires ont rechargées ou trop avancées, et qui donnent à la rivière une direction désavantageuse à la navigation.

« Le point où elle éprouve encore de grandes difficultés, et qui est un objet continuel de plaintes de la part des bateliers, est l'embouchure de l'Ourthe, depuis un peu au-dessus du pont de la Boverie jusqu'à la Tour en Bêche. Les propriétaires des différentes usines situées dans l'intérieur du quartier d'Outre-Meuse de la ville de Liége, et de quelques-unes au-dessus, attirent, dans les bras que forment les biez de ces moulins, le plus d'eau possible, en curant continuellement ces biez, depuis leur prise d'eau; il en résulte qu'il n'en reste plus dans le bras navigable, dont le fond s'exhausse au contraire de plus en plus. Il n'y a pas d'autre moyen de réagir contre cette entreprise soutenue chaque année sans interruption, de la part des propriétaires intéressés, que de construire, à la prise d'eau des biez des moulins, des bajoyers en charpente, avec radier au fond, qui déterminent d'une manière certaine la section d'eau qui doit appartenir aux usines, afin qu'il en reste suffisamment dans les eaux basses pour la navigation, qui, étant d'intérêt général, ne doit pas être sacrifiée à l'avantage de quelques particuliers.

» Il y aurait plusieurs constructions de ce genre à établir au point de prise d'eau des différentes usines; on se bornera à proposer, pour cette campagne, celle à établir au-dessus du pont de la Boverie, entre l'île de Londoz et celle de Tour en Bêche, comme indispensable pour assurer l'entrée et la sortie des bateaux par l'embouchure de l'Ourthe dans la Meuse. » *Mémoire sur les ouvrages les plus pressants à exécuter pour la navigation des rivières de Meuse et d'Ourthe, pendant l'exercice* 1807; par M. Deschamps, ingénieur en chef du département de l'Ourthe. — *Archives de la province de Liége.*

chacune de ses deux sources, dans les parties qui sont flottables ([1]). »

M. Deschamps, à une époque où les fonds ne manquaient pas, n'a pu toutefois obtenir davantage.

En 1825, MM. Opdenberg, Charles Morel, Van Gobbelschroy, Matthieu et Beerenbrock, conçurent un vaste projet d'exploitation des richesses minérales du Luxembourg, richesses enfouies et stériles pour les possesseurs du sol.

Un arrêté royal du 15 octobre de la même année « approuve, pour autant que de besoin, ce projet d'exploration du grand duché, à l'effet d'y découvrir les mines, minières et carrières exploitables; » il approuve l'association à former par eux pour mettre ce projet à exécution; il les autorise ensuite à faire ces recherches « dans toute l'étendue des biens et des bois domaniaux, sans exception, situés dans cette province, à y pratiquer des sondes, ouvrir des puits et galeries, établir des machines et exécuter tous autres travaux du même genre. »

Le premier besoin des concessionnaires devait être de créer des voies de communication, dans un pays qui en était presque totalement dépourvu.

De là l'idée première du canal de Meuse et Moselle, présentée par M. R. De Puydt et aussitôt adoptée ([2]).

([1]) *Mémoire sur l'état de la navigation*, etc.; par M. Lejeune. — Les propositions de cet ingénieur, en l'an XI, étaient relatives à l'Ourthe et à ses deux affluents principaux. Il évaluait ainsi les dépenses : pour l'Ourthe, curement, réparations du chemin de halage et tous autres ouvrages relatifs à la navigation, dans une longueur de 110,000^{m}, de La Roche à Liége, 46,000 frs : entretien annuel, 5,500 frs; pour l'Amblève, curement du lit de la rivière, enlèvement des roches et des corps d'arbres, réparations au chemin de halage sur une longueur de 14,000 mètres, 10,000 frs : entretien annuel, 600 frs; pour la Vesdre, réparation du chemin de halage, enlèvement des roches et des arbres qui obstruent le lit de la rivière, et autres ouvrages, dans une étendue de 30,000 mètres, 11,000 frs entretien annuel, 1,000 frs. — *Archives de la province de Liége*.

En 1809, M. Deschamps, demandait 9,600 frs pour le curage du lit de la rivière. *Ibid*.

([2]) Cette idée se trouve déjà indiquée, elle est, pour ainsi dire, en germe, dans une note de M. Lejeune, bien antérieure au gouvernement hollandais en Belgique : « Si l'on rendait navigables les deux branches de cette rivière jus-

Des reconnaissances détaillées commencèrent avec l'année 1826 ; elles se poursuivirent sans interruption jusqu'au mois de juin, l'avant-projet suivit immédiatement, et la compagnie, par arrêté royal du 1er juillet 1827, eut la concession à perpétuité de cet ouvrage colossal, qui devait s'étendre sur plus de cinquante lieues, à travers des rochers et des montagnes dont la pente était rachetée par 240 écluses, échelonnées sur l'un et sur l'autre versant.

Dans tout le Luxembourg, « la conception de cette entreprise fut accueillie avec transport, comme offrant le moyen le plus efficace de développer le bien-être de la province [1]. »

§ 2. — *Canal de Meuse et Moselle.*

Le projet se composait d'une ligne principale et de deux embranchements [2].

Dispositions générales. — La ligne principale avait son origine à Liége, traversait une partie de cette province, une partie du Luxembourg, et se terminait à la Moselle, près de Trèves.

Les deux embranchements étaient : l'Alzette canalisée depuis son confluent jusqu'à Mersch, à trois lieues de Luxembourg, et un canal à point de partage depuis l'Ourthe, à

qu'à leur source, ce qui est possible, puisqu'elles sont flottables dans plusieurs parties de l'année, on vivifierait un pays qui en a besoin, en lui donnant les facultés d'exporter les bois qu'il fournit en très-grande quantité, les charbons de bois et les fers qui s'y fabriquent, et on établirait, en quelque sorte, une communication par eau entre Liége et Trèves, par une des branches de cette rivière, celle qui passe à Houffalize, puisqu'en quittant cette branche à Houffalize, on n'aurait qu'environ trois myriamètres de trajet à faire par terre, pour aller joindre, au-dessus d'Arbourg, la petite rivière d'Our, qu'il est également possible de rendre navigable, et de là s'en aller par la rivière de Sure dans la Moselle, qui baigne les murs de la grande commune de Trèves. » *Procès-verbal de visite de la rivière d'Ourthe*, etc.

(1) *Des voies navigables en Belgique*, etc.; par M. Vifquain.

(2) *Mémoire sur le canal de Meuse et Moselle*; par un ingénieur. Mons, 1831. — Il s'agit ici du projet primitif; depuis, il a subi des modifications dans quelques-uns de ses détails.

Deulin, jusqu'au confluent de la Lesse dans la Meuse, à Anseremme.

La petite section a été préférée, la dépense pour des ouvrages dans de plus grandes dimensions ayant été regardée comme excessive et hors de toute proportion avec les produits probables.

Les bateaux à pleine charge auraient porté 60 tonneaux, et, pour suffire à cette navigation, les écluses auraient eu 20^m en longueur de sas, 5^m entre les portes et 1^m20 de tirant d'eau.

Les barrages en lit de rivière étaient composés de piles laissant entre elles des passages de 5^m, fermés, en temps d'étiage, par des poutrelles mobiles. Un tablier reposant sur les piles était destiné aux besoins du service et à la facilité des communications.

Le halage devait être continu et partout élevé à 0^m50 au-dessus de la flottaison projetée.

Ligne principale. — Elle se subdivise en trois sections: l'Ourthe canalisée, la jonction de l'Ourthe à la Sure, la Sure canalisée.

1° La canalisation de l'Ourthe commençait à l'aval du pont du Val-Benoît. De ce point au confluent des deux Ourthes, la navigation était généralement maintenue en lit de rivière, et quelques écluses seulement eussent été construites en dérivation latérale. La chute totale est de 205^m66 : la chute rachetée par des barrages avec écluses à sas, était de 199^m735, sur une longueur de $118,637^m$; 5^m93, répartis sur cette même longueur, donnaient à la surface, pour l'écoulement d'étiage, une pente de 0^m00005.

Parmi les écluses en dérivation, quelques-unes n'avaient pour objet que d'opérer des raccourcissements. Ainsi, entre Esneux et Hony, il a paru possible de réduire le détour à 600^m, au moyen d'une coupure, partie à ciel ouvert, partie en souterrain; près de La Roche, une courbe de $3,000^m$ était réduite à 275, par le percement de la montagne que la rivière enveloppe, et, non loin du confluent des deux Our-

[illegible] deux percements, avec écluses à 600ᵐ de distance l'une de l'autre, le premier de 123ᵐ, le second de 83ᵐ, supprimaient deux contours successifs très-prononcés.

[illegible] de l'Ourthe à la Sure formait un canal à point de partage, qui se décomposait en trois : le versant septentrional, le bief de partage et le versant méridional.

[illegible] des deux Ourthes, sur le versant septentrional, le [illegible] se dirigeait par le vallon de l'Ourthe orientale, jusqu'au confluent du ruisseau du Moulin, dans le lit de la rivière relevé [illegible] et dans des parties de rivière redressées [illegible] de 76ᵐ, était rachetée par 22 écluses. [illegible] le vallon de l'Ourthe au ruisseau du Moulin, [illegible] cet affluent vers le bief de partage, le [illegible] entièrement artificiel. Une chute de 94ᵐ était [illegible] corps d'écluses multiples, dont la pre- [illegible] du ruisseau du Moulin et à l'aval d'une [illegible] qui abrége le trajet de 1,500ᵐ, aurait eu cinq [illegible] une chute totale de 10ᵐ : les 14 écluses sui- [illegible] triples et à chutes égales, de 2ᵐ par sas.

[illegible] partage, situé entre Buret et Hoffelt, était à [illegible] dessus des eaux de la Meuse, à 307ᵐ60 au-dessus [illegible], et à 60ᵐ environ sous la crête du seuil. Il se [illegible] d'une tranchée ayant jusqu'à 13ᵐ50 de profon- [illegible] 1,350ᵐ50 de longueur, à Bernistap ; d'un souterrain [illegible] et d'une seconde tranchée de 16ᵐ50 de pro- [illegible] *maximum*, sur une longueur de 1,480ᵐ65 : en tout, [illegible]. Le souterrain, entièrement revêtu en maçonnerie, [illegible] avoir 5ᵐ50 entre les pieds-droits et 4ᵐ75 de hauteur [illegible] ; le plafond des tranchées, de 5ᵐ près de chaque [illegible], s'élargissait jusqu'à 8ᵐ, sur 200ᵐ de longueur, pour former des gares ; les talus devaient être péréiés : ils [illegible] eu une inclinaison de 45°, et, depuis le chemin de halage, à 2ᵐ au-dessus du plafond, jusqu'au terrain naturel, ils eussent été coupés par banquettes de 0ᵐ50 de base pour 1ᵐ de hauteur, avec retraite de 1ᵐ.

Pour prendre sur les deux versants les eaux nécessaires à l'alimentation de ce bief, il y aurait eu une rigole dans chacun des quatre angles que forme l'intersection de l'axe du canal avec la crête du point de partage, et, à l'origine de chaque rigole, on formait un bassin de réserve, au moyen d'un grand barrage dans le vallon dont les eaux étaient dérivées.

Au versant du nord, à Bœur, une rigole coupait les eaux du ruisseau de ce nom et prenait, en passant, celles du ruisseau de Buret; une seconde rigole dans l'angle adjacent, conduisait les eaux du Roset, et la longueur ensemble était de 2,000^{m}.

A l'autre versant, une rigole prenait, à l'aval du village de Troyne, les eaux du ruisseau, et coupait celles de Hoffelt; une autre, du côté opposé, conduisait les eaux d'Hachiville, et leur longueur à elles deux était d'environ 5,000^{m}.

La contenance totale des réservoirs pouvait s'élever à 3,500,000^{ms}, et, si ces eaux eussent été insuffisantes, il eût toujours été possible, pour augmenter le produit, en prolongeant les rigoles parallèlement au seuil de partage, de couper un plus grand nombre de sources, notamment celles de la Wolz et de l'Ourthe.

Du bief de partage, sur le versant méridional, on descend à la Sure par les vallons de la Troyne, de la Wolz et de la Wiltzbach. La pente totale, qui est de 200^{m}, se rachetait par 34 écluses, la plupart à plusieurs sas accolés.

La Wolz contournant un coteau occupé par la ville de Clairvaux, on y pratiquait une coupure, qui évitait la traversée de la ville et laissait intactes les nombreuses usines dont le cours de la rivière est embarrassé. Une chute de 8^{m} était rachetée, à l'aval de cette coupure, par une écluse à trois sas.

A Kautenbach, on abrégeait un circuit semblable par un petit souterrain d'environ 40^{m}, et on laissait, dans le lit abandonné, le confluent de la Wiltzbach, qui passe à travers le village.

De même que la canalisation du ruisseau du Moulin sur

le versant opposé, celle de la Wiltzbach, jusqu'à Kautenbach, était entièrement artificielle ; mais, à partir de là jusqu'à la Sure, le vallon étant resserré, on suivait les mêmes dispositions que pour la partie de l'Ourthe près de Houffalize.

La jonction de l'Ourthe à la Sure présentait donc un système de navigation mixte : les parties inférieures, en lit de rivière rectifié et régularisé par des barrages ; les parties contiguës au bief de partage, en canal artificiel.

3° Depuis le confluent de la Wiltzbach, où finit le canal de jonction et où commence la troisième section de la ligne principale, la navigation restait en lit de rivière, sur une longueur de 73,093^m ; la chute rachetée par 43 écluses était de 99^{m}34, et à chaque bief de la Sure, comme à l'Ourthe, il avait été réservé une pente de surface de 0^{m}00005 par mètre.

A l'aval du pont d'Ettelbrück, la navigation de la Sure était mise en communication avec l'Alzette canalisée, un barrage placé à Ingelsdorf, à l'amont de Diekirch, devant agir sur l'Alzette jusqu'à la première écluse de cette rivière.

Depuis Wallendorf, à deux lieues de Diekirch, jusqu'à la Moselle, la Sure étant commune à la Belgique et à la Prusse, il fallait que les dérivations et le chemin de halage fussent sur la rive droite jusqu'à Wasserbilig, condition qui rendait difficile le tracé de ce chemin, à cause de la fréquence des rochers à pic dans lesquels il devait être taillé.

Deux coupures avaient été projetées pour la Sure inférieure : l'une à Rosport, partie en souterrain, partie à ciel ouvert ; l'autre à Mesenich, en souterrain. Une écluse double, à l'aval, rachetait la chute de la première ; à chaque extrémité de la seconde, il y avait une écluse simple.

La dernière écluse de la Sure était un peu à l'amont de Wasserbilig.

Embranchement de l'Alzette. — La partie de cette rivière qui devait être canalisée, de son confluent dans la Sure, à Ettelbrück, jusqu'à Mersch, a un développement de 16,741^m ; neuf écluses rachetaient 20^{m}88 de pente, les biefs ayant,

comme ceux de l'Ourthe et de la Sure, une pente de surface; les barrages, comme ceux des autres rivières, étaient éclusés à trois passages, avec un déversoir fixe. En aval de Mersch, sur environ une lieue de longueur, le lit aurait été rectifié et élargi, pour supprimer les sinuosités et prévenir les inondations.

Embranchement de la Lesse. — Entre l'Ourthe et la Lesse, il s'agissait d'un canal à point de partage, qui partait du confluent de la Marchette, près de Deulin. Il suivait le lit de cette rivière jusqu'au confluent du ruisseau de Waillot, dont il remontait le vallon, franchissait le seuil entre Waillot et Serinchamps, descendait le long du Wachot jusqu'à son confluent, près de Villers, et, de ce dernier point, la navigation était dans le lit de la Lesse, canalisée jusqu'à la Meuse. Sur le versant de l'Ourthe, la longueur était de 9,990^{m}, et la chute de 45^{m}; le bief de partage avait 3,500^{m}; sur le versant de la Lesse, 13,974^{m} présentaient une chute de 71^{m}, et pour la Lesse canalisée, sur une longueur de 33,370^{m}, on avait à racheter une pente de 45^{m}.

Quatre rigoles alimentaient le bief de partage :

Celle de la Marchette prenait les eaux de cette rivière à la sortie de l'étang de Marche et avait un développement de 6,600^{m}; indépendamment de l'étang, un bassin de réserve était formé à l'amont de Marche, pour l'époque des sécheresses;

Une seconde rigole, longue de 8,500^{m}, partait de l'amont de Baillonville, où se trouvait aussi un bassin de réserve, et se rendait, par le flanc du coteau, jusqu'au bief de partage;

Sur le versant de la Lesse, une troisième rigole, de 3,000^{m} de développement, prenant les eaux du ruisseau d'Humain, traversait le seuil intermédiaire entre ce vallon et celui du Wachot;

Enfin une quatrième rigole, d'une longueur de 2,200^{m}, conduisait au bief de partage les eaux de la droite du versant de la Lesse.

Telle est, dans son ensemble, la grande conception que devait réaliser la société du Luxembourg.

Les événements politiques de 1830, en séparant les diverses parties de territoire parcourues par le canal projeté, augmentaient de beaucoup les difficultés d'exécution et faisaient naître de graves inquiétudes sur les résultats espérés d'abord. L'entreprise fut suspendue.

Depuis, la prolongation du chemin de fer au delà de Liége a rattaché l'Escaut et la Meuse au Rhin ; elle a considérablement diminué l'importance d'une voie navigable qui n'avait pas seulement pour objet l'exploitation des mines, des carrières, des bois et des produits agricoles du grand duché, mais qui devait favoriser le transit des bassins de l'Escaut et de la Meuse vers l'est de la France par la Moselle, vers l'Allemagne par la Moselle et le Rhin.

Le canal de Meuse et Moselle n'est plus aujourd'hui qu'un souvenir ; mais il reste, comme souvenir, celui d'un vaste et beau projet.

X.

TRAVAUX EXÉCUTÉS.

LIT DE LA RIVIÈRE ET CHEMIN DE HALAGE.

---

§ 1. — *Forchu-Fossé.*

Des trois bras par lesquels l'Ourthe se jette dans la Meuse (I, § 1er), le plus ancien est le bras navigable ; un autre se subdivise en plusieurs branches pour le service des usines; et ces subdivisions paraissent avoir été creusées de main d'homme; le troisième est l'effet d'une irruption des grandes eaux, « qui se sont ouvert un lit à travers un terrain fertile, mais qui n'a

pas beaucoup de consistance, pour se rendre plus directement à la rivière de Meuse [1]. »

C'est à une époque très-reculée, dont la date est perdue, que l'Ourthe a rompu sa rive gauche aux Grosses-Battes et formé le Forchu-Fossé. « Ceci devait effectivement arriver, si, dans ce temps, le cours ancien et naturel de l'Ourthe, divisé en plusieurs bras, dont l'un sert à la navigation et dont les autres sont couverts d'un grand nombre d'usines, n'était pas mieux entretenu qu'aujourd'hui; si une police sévère et éclairée, en s'opposant à toute entreprise illicite, ne veillait pas à la distribution bien entendue des eaux, à répartir à chaque propriétaire d'usine la section qui peut lui être due; si le cours, en un mot, était tellement engorgé et si peu en rapport avec le volume qu'il devait recevoir lors des crues, qu'il fallait nécessairement que, dans ces circonstances, elles se frayassent un autre chemin [2]. »

Quoi qu'il en soit, la rupture une fois faite, il a fallu pourvoir à l'entretien du Forchu-Fossé, et l'on voit que, sous tous les gouvernements, il a été l'objet d'une attention spéciale.

Un édit du 9 juin 1653 prescrit les mesures à prendre par les riverains pour le libre écoulement des eaux, et des mandements d'une date plus récente renouvellent les mêmes injonctions [3].

Les moyens de défense employés n'ont pas été assez efficaces pour préserver la rive droite des corrosions des glaces et des hautes eaux; elle a constamment été entamée, à tel point que le village de Fétine, établi sur cette rive, a été presque entièrement détruit dans le siècle dernier.

« Cette portion de lit a éprouvé beaucoup de change-

[1] *Rapport du 30 prairial an XII*; par M. Lejeune, ingénieur en chef du département de l'Ourthe.

[2] *Rapport du 18 mai 1807*; par M. Deschamps, ingénieur en chef du département de l'Ourthe.

[3] Le mandement du 9 juin 1653 est le plus ancien que j'aie vu, relativement à l'entretien du Forchu-Fossé.

ments dans sa direction ; elle est aujourd'hui très-éloignée de celle qu'elle suivait autrefois, et les divers changements qu'elle a subis ne se sont opérés que par l'envahissement de terrains précieux, qui ont été remplacés sur la rive opposée par des bancs de gravier stériles, ou propres tout au plus à la végétation de quelques osiers. Les terrains voisins qui n'ont pas encore été endommagés, sont menacés de l'être, et il est certain que si on ne s'y oppose incessamment, les terres très-productives de la belle vallée qui se trouve entre les rivières de Meuse et d'Ourthe, connue sous le nom de la Boverie, seront ravagées sous peu de temps, que la culture perdra un terrain vaste et inappréciable, et que beaucoup de propriétaires seront absolument ruinés [1]. »

C'est ainsi que, en l'an XII, M. Lejeune reconnaissait l'urgence des travaux à faire.

« Pour prévenir ces fâcheux événements, ajoute-t-il, on pense qu'il convient d'écarter le bras de rivière dont il s'agit, des terres qu'il menace d'envahir ; pour cet effet, de lui creuser un nouveau lit, suivant une direction plus courte que celle actuelle et en ligne droite ; par ce moyen, et en donnant à ce nouveau lit une largeur capable de contenir les plus grandes crues, celles des débordements exceptées, et réglant son fond sur une pente uniforme, qui sera d'autant plus forte que sa longueur sera moindre, les eaux se rendront avec célérité dans la rivière de Meuse, et les terres qui n'ont point encore été envahies seront garanties de leur courant destructeur [2]. »

Un barrage à la hauteur des deux rives devait déterminer les eaux à suivre le nouveau lit. « Si elles surmontent ce barrage, ce ne sera, dit M. Lejeune, que lors des débordements de la rivière de Meuse, qui, loin de causer des dommages aux terrains qu'on veut garantir, leur seront, au

(1) *Rapport du 30 prairial an XII* ; par M. LEJEUNE.
(2) *Ibid.*

contraire, très-avantageux, ainsi qu'aux terrains ravagés et qu'on veut reconquérir, en ce qu'ils rendront stagnantes les eaux de la rivière d'Ourthe, et leur donneront la facilité d'y faire des dépôts, qui s'élèveront successivement et finiront par arriver au niveau de la surface des autres terrains, avec lesquels ils s'arroseront [1]. »

Les ouvrages à faire en conséquence de ce projet, qui consistaient en terrassements, charpente, fascinages, etc., n'ont reçu qu'une exécution incomplète, et, peu d'années après, les ravages exercés par les eaux dans le bras du Forchu-Fossé, excitaient de nouvelles plaintes.

Tout était déjà à recommencer en 1807.

Il ne pouvait être question de supprimer ce bras de la rivière, par lequel « elle a pourvu d'elle-même à son évacuation, et a indiqué clairement ce qu'il y avait à faire, puisqu'il était impossible, une fois les usines établies, de la maintenir, lors des débordements, dans un lit encombré de toute part, et auquel on ne pouvait rendre une largeur suffisante, sans renverser un grand nombre des établissements qui s'y trouvaient placés depuis longtemps. On a donc très-bien fait de convertir la rupture des Grosses-Battes en un déversoir qui sert à dégorger le trop plein de l'Ourthe; mais ce qui a été très-mal à propos autorisé, c'est la construction de l'usine dite des *Aguesses*, dans un endroit où ce faux-bras, ou canal de décharge, ne peut avoir aucune fixité, où, à différentes reprises, on a été obligé de rallonger la digue de barrage, de la former de plusieurs branches brisées, qui, reportant la chute des eaux sur la rive droite, l'ont entamée, et déterminé la direction fâcheuse qu'il a aujourd'hui, laquelle a produit des ravages effrayants, et qui, si on n'y remédie très-promptement, *finira par communiquer avec le cours ancien et naturel de l'Ourthe,* qui, étant beaucoup plus élevé, se précipitera par cette nouvelle brèche, et privera

[1] *Rapport du 30 prairial an XII*; par M. Lejeune.

non-seulement les nombreuses usines de Liége de l'eau né-cessaire à leur activité, mais encore achèvera de perdre l plaine de la Boverie, avec tous les terrains précieux et un partie des belles habitations qu'elle renferme, et continuera avec plus d'énergie, les attaques par lesquelles elle a déj renversé une partie du quai de Fragnée, sur l'autre rive d la Meuse ([1]). »

Un état de choses aussi fâcheux, également menaçant pou les riverains, les maîtres d'usines et la navigation, appelai de prompts secours. M. Deschamps expose le moyen d' remédier. « Ce moyen consiste dans l'ouverture d'un nou-veau lit au bras de l'Ourthe dit le *Forchu-Fossé*, afin de con duire dans la Meuse les eaux surabondantes que ce bras es destiné à recevoir. Mais, afin que ce nouveau canal rempliss complétement son objet, il faut que, une fois établi, il n puisse plus varier, ou au moins qu'avec un entretien peu dis pendieux, on puisse le maintenir dans la direction qui lu aura été donnée. Pour cela, il sera nécessaire que ce nouvea canal s'embranche sur l'ancien cours, dans une partie où i n'a pas changé depuis longtemps et où il paraît fixé ; que d là, en suivant des contours aussi doux et allongés que fair se pourra, il soit conduit dans la Meuse sous l'angle le plu aigu possible ([2]).»

(1) *Rapport du* 18 *mai* 1807 ; par M. Deschamps.

(2) *Ibid* — Il est peut-être digne de remarque, à l'occasion du Forchu-Foss que MM. Lejeune et Deschamps aient proposé des directions fort différent pour son amélioration : l'un conseillait de conduire les eaux à la Meuse par l chemin le plus court, en ligne droite ; l'autre de tracer une courbe, « en sui vant des contours aussi doux et allongés que faire se pourra, sous l'angle l plus aigu possible. »

La proposition de M. Lejeune paraîtra sans doute la meilleure, si l'on n considère dans le Forchu-Fossé qu'un déversoir pour les hautes eaux d l'Ourthe ; celle de M. Deschamps semblera préférable, si l'on a égard e même temps à la navigation de la Meuse.

Dans un rapport du 15 novembre 1806, relatif au curage du Jaer et de se affluents, M. Deschamps avait insisté sur l'avantage qu'il y aurait « à donne des écoulements aux sources et flaques d'eau, en observant de conduire ce écoulements sous les angles les plus aigus possibles avec le cours de la rivière. *Archives de la province de Liége.*

Dans un autre rapport, le dernier, je pense, qu'il ait fait sur le Forchu-Fossé ([1]), M. Deschamps propose avant tout, comme mesure préliminaire et indispensable, la suppression du moulin des Aguesses. Il évalue la dépense à 74,587frs80; savoir : ouvrages en terrassements, fascinages, etc., 54,337frs80; indemnités, y compris l'acquisition du moulin des Aguesses, 20,250frs. Pour faire face à cette dépense, il répartit ainsi les frais à supporter par l'État, par les communes et par les particuliers ([2]) : le gouvernement aurait pris à sa charge le quart du coût total, ou 18,647frs; les communes de Liége et d'Angleur, à elles deux, 35,282frs90, et les propriétaires riverains, maîtres d'usines et autres intéressés à l'exécution du projet, 20,657frs90.

([1]) *Rapport du* 20 *avril* 1808; par M. Deschamps.

([2]) « Le gouvernement, comme devant retirer de grands avantages de l'amélioration de la navigation, tant sous le rapport de la perception de l'octroi qui y est établi, que sous celui de l'utilité générale dont cette rivière est pour le transport des matériaux servant à la réparation des routes du département et de celui de la Meuse-inférieure, est intéressé à ce qu'elle ne soit pas interrompue, ainsi que cela aurait lieu infailliblement d'ici à très-peu de temps, et on pense que ces considérations le détermineront à y contribuer pour une portion que l'on estime devoir être le quart de la dépense totale.

» Les communes de Liége et d'Angleur, quoique avec un intérêt moins direct, ne peuvent rester indifférentes à la destruction, qui s'accroît tous les ans d'une manière effrayante, des propriétés les plus précieuses de leur territoire, et leur devoir, en venant au secours de leurs concitoyens, est de prévenir les nouveaux ravages dont ces propriétés sont menacées, et dont il n'est possible ni de fixer les limites, ni de calculer la valeur et les conséquences. Sous ces rapports, leur intervention est d'autant plus nécessaire, qu'il serait très-difficile d'obtenir, par un surcroît d'imposition sur les propriétés, la somme considérable que cette réparation doit occasionner, et, dans ce cas, on est d'avis que la portion qui doit être à leur charge se compose de deux parties ; savoir : 1° d'une somme de 14,625frs, à laquelle on estime la plus value que les terrains occupés par le lit actuel de la rivière et les autres environnants, acquerront par la suite, et qui leur seraient abandonnés en dédommagement, en laissant à ces communes le choix des moyens de se procurer les fonds, soit par voie d'emprunt, de concession ou de toute autre manière ; 2° de la moitié du restant de la dépense, s'élevant à 20,657 frs 90, sauf à déterminer par la suite la portion que devront supporter les communes de Liége et d'Angleur, chacune en proportion des avantages qu'elles doivent en retirer. Enfin les 20,657 frs 90 restants seraient à la charge des propriétaires, des usiniers et de tous les autres intéressés à l'exécution de ce projet. »

Les indications de M. Deschamps, comme celles de M. Lejeune, ne furent qu'imparfaitement suivies ; on recula devant la dépense, et le mal s'est toujours aggravé depuis. Des travaux partiels et insuffisants ont été faits à diverses reprises jusqu'en 1833, époque à laquelle les chambres avancèrent 80,000^{frs}. Ce subside détermina l'exécution d'un projet présenté par M. E. Willmar, ingénieur en chef des ponts et chaussées, pour protéger les propriétés dont les eaux, dans toutes les crues, continuaient à enlever une partie, et pour conserver l'église de Fétine, seul bâtiment qui subsiste de l'ancien village, au pied de laquelle les affouillements étaient parvenus. Le travail fait par cet ingénieur consiste en un péré, qui s'étend du fond du lit, le long de la rive droite, à une hauteur de 2 mètres, sous une inclinaison de 45° et sur une longueur de 1,140^{m}. Les moellons mis en œuvre ont généralement de 0^{m3}06 à 0^{m3}11. La construction, sur une longueur de 855^{m}, s'avance à 8^{m} dans le lit, avec talus de 2 sur 5 ; elle s'avance de 18^{m} dans la partie d'aval, sur 285^{m} et sous le même talus.

Commencés dans l'été de 1835, les ouvrages étaient terminés à la fin de la saison.

Des crédits supplémentaires ont porté la dépense totale à 82,000^{frs}.

Comme complément de ce travail, l'administration communale de Liége, en 1841, a soumis au département des travaux publics, un projet d'endiguement de la Boverie, pour préserver ce quartier des dégâts qu'il éprouve par les débordements périodiques de la Meuse et de l'Ourthe ; mais jusqu'ici aucune suite n'a été donnée à ce projet.

§ 2.— *Travaux en lit de rivière et chemin de halage.*

Les travaux faits dans le lit de la rivière, jusqu'au moment où elle a été reprise par la société du Luxembourg, se sont

bornés à quelques curages, à l'enlèvement de pierres et de corps d'arbres, et les réparations au chemin de halage n'ont jamais été qu'insignifiantes, comme on en peut juger par les faibles allocations affectées à ces travaux (IV, § 3).

Il résulte d'une lettre adressée au préfet du département de l'Ourthe par M. Saget, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées, qu'en 1807, pour les travaux de navigation dans les sept départements que comprenait le bassin de la Meuse, il n'y avait de disponible qu'une somme de 153,900 francs ([1]).

Depuis lors, les travaux n'ont généralement absorbé qu'une partie des péages, et la plus grande réparation qui paraisse avoir été faite, consiste en une digue de halage, construite en 1809 par M. Hébert, sur la rive gauche, entre les hameaux de Hony et de Méry, sur une longueur de 290 mètres ([2]).

§ 3. — *Société du Luxembourg.*

Les seuls véritables ouvrages entrepris pour l'amélioration de l'Ourthe, l'ont été par la société du Luxembourg; leurs traces sont encore visibles partout, et leurs débris attestent la grandeur du projet conçu, qui avait été si près de se réaliser.

En descendant des deux Ourthes jusqu'à La Roche, on rencontre des carrières mises un moment en exploitation pour les travaux à faire; depuis La Roche, on trouve des briqueteries en grand nombre, réparties sur divers points, entre autres à Cielle, à Rendeux, à Melreux, à Petit-Han. Jusqu'à Barvaux, aucun travail n'avait été exécuté : il y avait eu seulement des dispositions de faites et des approvisionnements.

([1]) *Archives de la province de Liége.*
([2]) *Ibid.*

Plus bas, sont des ouvrages disséminés sur tout le cours de la rivière (1).

A l'aval de Barvaux, on a effectué un redressement utile encore aujourd'hui à la navigation, et, de ce point jusqu'à la Meuse, vingt-sept écluses et vingt-sept barrages ont été commencés. Ces constructions étaient plus d'à moitié faites en 1830, quelques-unes étaient presque achevées, et il n'y avait plus à y mettre que la dernière main, au moment où tous les travaux ont été suspendus.

La partie de canal qui, partant de Chênée, devait joindre l'Ourthe à la Meuse, était déjà fort avancée.

De nombreux pérés étaient en projet, comme ouvrages de défense et pour l'établissement du chemin de halage : 8,000m à peu près étaient exécutés, dont environ 6,000 pour le halage ; 3,000m de chemin, ou peu s'en faut, avaient été excavés dans le roc vif, à Logne, à Sy, à la Roche-Noire, à Fairon, à Douflamme, etc.

Les dépenses pour ces divers travaux montaient, en 1830, à environ 1,300,000 francs (2).

Depuis, des travaux d'entretien ont été faits en quelques points ; mais la société n'y a guère employé que les recettes des péages, et, dans ces douze dernières années, les dépenses de ce genre ne se sont élevées en tout qu'à 59,514fl. P.-B., ou 125,957frs. Il est vrai que, dans le même intervalle, la perception des droits aux bureaux de Chênée, de Tilf et de Douflamme, n'a produit que 125,608frs (3).

(1) Les matériaux approvisionnés en amont de Barvaux, sont évalués à 205,000 frs, somme à laquelle il faut ajouter le matériel confectionné et les locaux de service, ou 18,000 frs : en tout, 223,000 francs.

(2) Il faut compter, en outre, pour approvisionnements en pierre de taille, briques, moellons bruts, etc., 400,000 frs ; pour acquisitions de terrains, maisons et locaux empris par le canal, ses principaux ouvrages, dépendances, etc., 170,000 frs; pour le matériel des magasins d'Esneux, de Palogne et des maisons éclusières, 40,000 frs : ce qui forme encore un total de 610,000 frs.

(3) *Mémoire pour la société du Luxembourg*. — Bruxelles, 19 avril 1843. Les travaux et les dépenses relatées ci-dessus ne concernent que l'Ourthe ;

XI.

RIVIÈRES DU LUXEMBOURG.

PROJETS D'AMÉLIORATION.

§ 1.— *Système proposé par* M. De Puydt, *colonel du génie.*

En 1838, le département des travaux publics ordonna des études pour l'établissement, dans le Luxembourg, d'un système général d'irrigation et de navigation [1]. M. le colonel De Puydt adressa au ministre, à ce sujet, un mémoire où, rejetant un système d'irrigation, il indique le système de navigation qui lui paraît devoir être suivi.

En voici le résumé.

La navigation de l'Ourthe ne se maintient qu'au moyen des barrages d'usines; malgré les inconvénients que présentent, pour le halage, des changements continuels de rive et la remonte des pertuis, l'effet des barrages est tel, que les bateaux transportent de 8 à 12 tonneaux de charge entre Liége et Barvaux, pendant six mois de l'année; de 6 à 8 tonneaux entre Barvaux et La Roche, pendant 4 mois, et de 2 à 4 tonneaux entre La Roche et les deux Ourthes, pendant le même temps.

Les avantages incontestables de cette navigation, toute imparfaite qu'elle est, révèlent le parti que l'on pourrait

mais pour le canal de jonction de l'Ourthe à la Sure, pour la canalisation de la Sure et l'embranchement de l'Alzette, les ouvrages commencés, non compris les frais d'études, de tracé, de surveillance, d'administration, etc., comportent une somme de 2,300,000 frs. — *Renseignement donné* par M. Dupont, ingénieur de la société du Luxembourg.

[1] *Des voies navigables en Belgique*, etc.; par M. Vifquain.

tirer des rivières qui sont, pour la pente et le débit, des conditions analogues.

Pour que la comparaison en soit plus facile, les pent l'Ourthe, de la Sure, de l'Alzette, de la Wolz, de la S et de la Lesse, sont réunies ici dans un seul tableau, un même coup d'œil.

RIVIÈRES.	POINTS EXTRÊMES.	LONGUEUR.	PENTE		Observatio
			TOTALE.	PAR MÈTRE.	
		Mètres.	Mètres.	Mètres.	
OURTHE. .	De Liége à Barvaux. .	54,192	75,18	0,00138	Toutes les d nées de ce bleau sont traites du moire de M. Peydt.
	De Barvaux à La Roche.	45,725	80,38	0,00178	
	De La Roche aux deux Ourthes.	18,720	50,04	0,00266	
SURE. . .	De Wasserbilig à Ettelbrück.	57,744	66,67	0,0011	
	Du pont d'Ettelbrück à la Wiltz.	17,349	36,31	0,0020	
ALZETTE.	Du pont d'Ettelbrück à Mersch.	16,750	21,70	0,0013	
WOLZ. . .	De la Wiltz à Clairvaux.	26,334	103,00	0,0038	
SEMOY. .	De Bouillon à Florenville.	45,000	72,00	0,0016	
	De Florenville à Tintigny.	27,000	73,17	0,00271	
LESSE. . .	De la Meuse à Villers-sur-Lesse.	33,370	46,72	0,0014	
	De Villers-sur-Lesse à Rochefort, d'une part, sur l'Homme, et de l'autre à Chanly, sur la Lesse.	23,000	»	0,0029	

Rapprochant ces pentes entre elles et de celles de l'Our et considérant d'ailleurs que cette rivière serait suffisamn améliorée si l'on augmentait le nombre des digues de bar

qui partagent son cours, qu'on le portât de 15 à 25. M. De Puydt en conclut qu'avec 25 ou 30 barrages [1], on aurait, dans le bassin de la Sure, une navigation au moins égale à celle de l'Ourthe.

Pour la Semoy et la Lesse, il ne faudrait, par la même analogie, que 30 barrages, sur 128,370ᵐ qu'elles ont de développement.

Au moyen de 75 barrages, on obtiendrait donc, pour le Luxembourg, une navigation satisfaisante, sur une longueur de 363,184ᵐ, ou de plus de 72 lieues, et cette province, mise par là en relation avec la Meuse sur deux points, le serait avec la Moselle par un troisième.

Si les courants étaient moins rapides sur l'Ourthe supérieure, qu'un bon chemin y facilitât le halage, il n'est pas douteux que l'on pût faire en remonte les transports à faible charge qui s'y effectuent en descente. On pourrait donc aussi, sur d'autres cours d'eau, assurer quatre tonneaux de chargement, et pour cela, il faudrait, en diminuant la vitesse des courants, débarrasser le lit des obstacles qui s'opposent à un mouillage *minimum* de 0ᵐ30 à 0ᵐ40. On créerait ainsi une navigation sur l'Amblève, on prolongerait celle de l'Ourthe jusqu'à Houffalize, celle de la Sure jusqu'à Esch, l'Attert jusqu'à Bissen et au delà, l'Alzette jusqu'à Walferdange, et l'Our jusqu'à Vianden. La pente exigerait des barrages plus rapprochés : 25 pour un parcours de 55,000ᵐ ; mais la largeur du lit étant très-restreinte, la dépense par barrage serait beaucoup moindre.

En se bornant pour le moment aux améliorations les plus urgentes, les règlements sur le halage étant mis à exécution, et basant la dépense sur les prix adoptés par la société du Luxembourg pour les travaux de l'Ourthe et de la Sure, on arrive à un total de 2,000,000ᶠʳˢ ainsi subdivisés :

[1] Il y a aujourd'hui sur l'Ourthe 17 digues de barrage (II, § 3).

NATURE DE LA DÉPENSE.	PRIX PARTIELS.	PRIX TOTAUX.	Observations
	Francs.	Francs.	
Terrains et indemnités.	157,000	2,000,000	Ces évaluations tirées du mémoire de M. De Puydt.
Terrassements, pérés, curements ponts, ponceaux, aqueducs. . .	645,000		
Barrages : 18 de 40m, 50 de 35m, 27 de 30m, ensemble 2,580m, à 300 frs. le mètre.	774,000		
Augmentation pour les pertuis. . .	150,000		
Frais de conduite, rédaction du projet et dépenses imprévues.. .	278,000		

Trois ans suffiraient pour mettre ce système à ex tion.

M. De Puydt pense qu'en un quart de siècle la face du serait changée, et qu'alors la navigation demanderait de grands développements ; mais les nouveaux ouvrages n raient que la continuation des anciens.

D'autres idées ont été émises par d'autres ingénieurs les rivières du Luxembourg.

§ 2. — *Vues de* M. De Moor, *inspecteur divisionnaire d ponts et chaussées.*

M. De Moor ayant été chargé, en 1840, d'études rela à un système général de navigation et d'irrigation po Luxembourg, dans la double hypothèse de l'exécution o l'abandon du canal de Meuse et Moselle, devait compre dans ses études les rivières d'Ourthe et d'Amblève ; ma n'eut de l'administration ni les moyens ni le personnel n saires pour ce travail ([1]).

([1]) *Des voies navigables en Belgique*, etc.; par M. Vifquain.

Il reçut, à cette occasion, de M. De Grandvoir, ingénieur des ponts et chaussées, sur les ouvrages que réclame la Semoy pour devenir navigable, des notes d'où résultait que la canalisation de cette rivière entraînerait une dépense de 6,160,000^{frs}, somme qui ne paraissait pas à cet ingénieur en rapport avec les minces avantages que procurerait une aussi forte dépense (1).

M. Godin, ingénieur en chef, manifesta une opinion semblable sur l'amélioration de la Lesse (2).

Enfin, en ce qui concernait un canal de jonction de la Lesse à la Semoy, M. De Moor indiqua le meilleur tracé à suivre. En partant de Jamoigne, on aurait remonté successivement le cours de la Vierre, les ruisseaux de Straimont, de Grandvoir et de Neuvilliers; on franchissait le col de partage près de Recogne; on descendait le ruisseau de ce nom, puis L'Homme jusqu'à Éprave, d'où l'on poursuivait dans la vallée de la Lesse jusqu'à la Meuse.

Pour une distance de 25 lieues, la dépense eût été approximativement de 7,250,000 francs.

M. De Moor est d'avis que cette dépense ne serait pas justifiée par les résultats (3).

§ 3. — *Propositions de* M. Vifquain, *inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées.*

M. Vifquain a examiné et discuté sous plusieurs faces les questions relatives à la navigation de l'Ourthe, à son amélioration et à celle des autres rivières du Luxembourg (4).

Cet examen et cette discussion ne peuvent être sans intérêt.

Il est visible que l'industrie de la vallée de l'Ourthe, après avoir été créée par une navigation imparfaite, en exige

(1) *Des voies navigables en Belgique*, etc; par M. VIFQUAIN.
(2) *Ibid.*
(3) *Ibid.*
(4) *Ibid.*

maintenant l'amélioration ; le commerce ne peut plus se contenter d'une navigation incertaine, souvent impossible, au-dessus de Barvaux ; aussi l'ouverture de la partie du canal de Meuse et Moselle entre la Meuse et Chênée, qui devait être établie en grande section, est-elle instamment réclamée, et la canalisation de la rivière jusqu'à La Roche est un besoin véritable.

Des démarches infructueuses ont été faites par l'administration pour engager la société du Luxembourg à reprendre les travaux du canal; mais il est impossible de refuser au gouvernement le droit d'achever ou de faire achever les ouvrages sur une partie de la ligne, après en avoir fait déclarer l'utilité publique. L'exécution en serait adjugée dans la forme ordinaire, afin d'en constater officiellement la dépense, et, les travaux achevés, l'État percevrait, en en tenant un compte exact, la totalité des péages, jusqu'à décision sur la participation définitive que devrait y avoir chacune des parties.

Les dépenses peuvent être évaluées approximativement.

SECTIONS A EFFECTUER.	NATURE DES TRAVAUX.	DÉPENSES PAR SECTION.	TOTAL.
		FRANCS.	FRANCS.
De la Meuse à Barvaux.	Mise en grande section de la partie entre la Meuse et Chênée	300,000	4,633,000
	Réparations aux ouvrages exécutés, un tiers de leur valeur.	333,000	
	Somme nécessaire pour l'achèvement	1,200,000	
De Barvaux à Hotton.	Acquisitions de terrains, tous autres frais compris	1,000,000	
De Hotton à La Roche.	Acquisitions de terrains, et autres frais compris. . . .	800,000	
	Somme à valoir pour insuffisance éventuelle et travaux imprévus	1,000,000	

L'État ne peut pas reculer devant la dépense relative à de si utiles travaux, dont l'exécution hâterait, sans aucun doute, la jonction complète de la Meuse et de la Moselle. Si cependant cette dépense paraissait trop élevée, des études immédiates devraient être prescrites pour reconnaître quelle réduction dans le coût des ouvrages on pourrait obtenir par l'emploi du mode de retenue le plus économique en amont de Barvaux. En y formant quelques biefs de plus, en établissant un meilleur chemin de halage, on parviendrait à organiser une navigation régulière pendant six mois de l'année et à satisfaire ainsi les besoins les plus pressants.

Il serait possible, malgré la force des motifs qui engagent à poursuivre sur-le-champ des travaux dont l'avantage est si manifeste, que de longs retards fussent apportés à leur exécution.

Dans cette idée, M. Vifquain jette un coup d'œil sur les diverses propositions qui ont été faites pour l'établissement d'une petite navigation dans l'intérieur du Luxembourg.

Il est sûr que la canalisation des rivières et des ruisseaux de cette province « donnerait plus d'extension aux exploitations de pierres, de minerai de fer, de pavés, de marbres, d'ardoises; la production des fabriques et des usines acquerrait plus d'importance; l'agriculture pourrait se procurer du fumier, de la chaux, du plâtre, etc.; enfin les centres de population en profiteraient pour le commerce général. Ces travaux ne devraient cependant pas dépasser certaines limites, ni se porter au delà des points où se concentrent les grandes routes. . . . . . L'ingénieur ne doit pas s'occuper uniquement et isolément des voies navigables, mais aussi des voies ordinaires qui compléteraient le système de communications. »

Voyons jusqu'où, dans cet ordre d'idées, doivent s'étendre les études.

« La Meuse seule reliant, par ses affluents, le Luxembourg aux centres de production et de consommation du pays, c'est

de son cours que doivent remonter toutes les navigations nouvelles.

« Pour fixer le point où la canalisation de chaque rivière doit s'arrêter, il faudra, d'une part, s'assurer par la pente et le volume des eaux, de la possibilité d'obtenir, du moins dans les temps ordinaires, 0m30 à 0m60 de tirant d'eau, sans trop d'efforts de halage à la remonte; d'autre part, on devra prendre en considération l'importance des exploitations et des usines qui bordent son cours, ainsi que les points d'aboutissement des routes exécutées ou décrétées.

« Si ce système mixte de routes et de petites navigations était appliqué au Luxembourg, et si son exécution était dirigée avec économie et rapidité, on verrait bientôt ce pays acquérir une prospérité qui lui est inconnue; ses terrains augmenteraient de valeur, et ses récoltes ne se vendraient plus à vil prix; les matériaux de construction, tels que les bois, les fers et les ardoises, descendraient jusqu'à Liége et atteindraient même Charleroy, après l'amélioration de la Meuse.

« Mais dans ce système, comme dans celui de M. De Puydt, l'ingénieur chargé de la direction des travaux devrait mettre de côté tout amour-propre, et s'attacher seulement à satisfaire aux besoins de l'industrie, du commerce et de l'agriculture, en restant dans les limites de la plus stricte économie [1]. Ainsi, suivant les lieux, le volume des eaux et leur pente, il devrait varier les moyens : créer des naviga-

[1] M. Vifquain pense que l'ingénieur chargé de la direction des travaux devant « s'attacher seulement à satisfaire aux besoins de l'industrie, du commerce et de l'agriculture, en restant dans les limites de la plus stricte économie, il lui faudrait mettre de côté tout amour-propre. » En cela, je ne puis être de son avis. « On trouverait avec peine, dit-il, des ingénieurs qui voulussent s'adonner à la création d'ouvrages ne présentant, malgré leur utilité évidente, aucun mérite apparent, aucun caractère monumental. »

L'utilité doit suffire pour exciter le zèle d'un ingénieur; sa mission n'est pas de rechercher le brillant et l'éclat, mais d'accomplir l'utile.

Tel est, on peut en être sûr, le mobile des ingénieurs belges dans l'exécution comme dans la conception de leurs projets; et M. Vifquain lui-même,

tions permanentes ou intermittentes ; faire usage de barrages à pertuis ouverts ou à aiguilles; de passes artificielles ; de plans-inclinés à ornières, pour gravir les fortes chutes ; s'occuper surtout du chemin de halage, et profiter de toutes les ressources de la science pour l'établir à bon marché, en lui facilitant la traversée de la rivière par la construction de ponts suspendus. »

Les conclusions de M. Vifquain sont ;

« Relativement à l'Ourthe : que, si l'achèvement du canal de Meuse et Moselle n'était pas décidé jusqu'à La Roche, des études devraient être prescrites immédiatement pour améliorer la rivière par les moyens indiqués ;

« Relativement à la Semoy : que sa canalisation n'offrirait aucune utilité réelle, parce qu'elle ne rattacherait le Luxembourg au reste du pays que par un long et difficile parcours, à travers une double ligne de douanes ; que sa jonction à la Meuse par la Lesse n'est guère praticable non plus, à cause des immenses difficultés et des dépenses qu'exigerait le percement de la crête de Recogne ;

« Relativement à la Lesse : que des études devraient être ordonnées pour canaliser son cours entre la Meuse et Neupont, de manière à établir une petite navigation pendant cinq à six mois de l'année ;

« Relativement à l'Amblève : que des études devraient

lorsqu'il renonçait à ouvrir un canal à grande section entre Charleroy et Bruxelles, qu'il se restreignait à la moindre section, qu'il faisait un canal pour lequel il fallait ensuite construire des bateaux, était soutenu par la conviction de l'extrême utilité de son œuvre : il ne s'attachait « qu'à satisfaire aux besoins de l'industrie, du commerce et de l'agriculture. »

C'est par des ouvrages utiles que M. Vifquain a donné la mesure de ses talents, c'est sur de semblables ouvrages qu'il a fondé sa réputation ; aussi répond-il à un sentiment vrai, qu'il éprouve intérieurement et que tout ingénieur comprendra, quand, résumant ses idées, il termine par cette réflexion encourageante : « Une pareille tâche a cependant son beau côté, si l'on réfléchit que de son accomplissement doit résulter l'amélioration d'une grande partie de la province. »

Améliorer une province ! Procurer à un pays pauvre l'aisance, le bien-être, la prospérité ! C'est là une gloire réelle, et peu importe que le caractère des travaux n'ait rien de monumental.

également être ordonnées, dans le but d'améliorer sa nav
tion actuelle, qui a pris une grande importance depuis l'
verture des carrières de Sprimont, et de la prolonger au
près que possible de Vielsalm, afin de favoriser l'exploitat
des ardoisières et des schistes tégulaires qui se débitent d
toute l'Europe. »

XII.

CONCLUSION.

RÉSUMÉ. — COUP D'OEIL SUR LES TRAVAUX A FAIRE.

L'importance de l'Ourthe dans les temps anciens est prouvée par les châteaux qui dominent sa vallée ; elle l'est aussi par les usines qui s'y sont successivement établies, et dont quelques-unes remontent à des époques très-reculées. La seule voie de communication de ces établissements avec les villes du bassin de la Meuse, était la rivière même qui alimentait leurs moulins.

Les usines ont donné lieu à des règlements précis, à des dispositions sévères, fréquemment renouvelées.

Les règlements relatifs à la navigation ne sont ni moins nombreux ni moins explicites.

Enfin des observations ont été recueillies, des études ont été faites, des projets ont été présentés, de vives réclamations sont parvenues au gouvernement, pour l'amélioration d'une rivière dont le développement peut fournir 118,600^{m} de parcours au mouvement commercial, et dont les bords renferment des richesses minérales qui ne demandent qu'un débouché.

Il y a donc quelque chose à faire.

Peut-être, dans son état actuel, l'Ourthe a-t-elle suffi

jusqu'à ces derniers temps aux besoins des populations qui bordent la partie supérieure de son cours; aujourd'hui l'amélioration des voies navigables du Luxembourg, avantageuse à la Belgique, l'est devenue également à cette province.

Il ne faut pas toutefois perdre de vue le but qu'on se propose : ce ne serait pas l'atteindre que de le dépasser.

M. le colonel De Puydt, en exposant le système de navigation qu'il lui semble le plus convenable d'appliquer au pays qui nous occupe, pose quelques principes qu'il voudrait voir adopter par tout gouvernement jaloux de perfectionner les voies de communication ([1]).

« On ne doit, dit-il, exécuter que les travaux dont l'utilité peut être déjà appréciée par une certaine probabilité de revenus, établis sur des droits assez modérés pour être facilement supportés par la navigation.

« Il est imprudent de prévenir les progrès de l'industrie, de l'agriculture et du commerce, progrès qui sont les indicateurs naturels des travaux à exécuter, et qui les commandent.

« Il faut débuter par de simples travaux, en rapport avec les besoins actuels et prochains, sans trop s'inquiéter d'un plus long avenir, dût-on, plus tard, recommencer sur une plus grande échelle. Il serait dangereux de gêner l'essor industriel et commercial par des frais onéreux d'intérêts, d'entretien et d'exploitation.

« Les voies navigables des divers États de l'Europe, et plus particulièrement celles des Pays-Bas, ont subi tour à tour l'influence des progrès agricoles et industriels des contrées qu'elles traversent.

« Les chemins de fer à grande vitesse et à grande charge, ainsi que les grands canaux, ne conviennent qu'aux pays déjà riches en population, en commerce, en exploitations et en industrie.

([1]) *Des voies navigables en Belgique*, etc.; par M. Vifquain.

« Le Luxembourg est à l'état natif; il faut donc, et on peut le faire, procéder avec mesure et à peu de frais, sans craindre de nuire ou d'arrêter l'avenir promis au pays. Une dépense relativement trop forte, ou prématurée, est une perte réelle. »

Ces principes sont fort sages.

Il est certain que ce serait mal comprendre les intérêts généraux, que de créer des voies de communication inutiles; le Luxembourg ne réclame pas immédiatement des travaux gigantesques dont la génération actuelle n'aurait que les charges. Il ne s'agit donc pas de s'arrêter à des projets qui entraîneraient des dépenses considérables : ce serait un sacrifice en pure perte, parce qu'il serait hors de proportion avec les résultats à obtenir.

On ne doit pas, je le pense, demander à des routes, par terre ou par eau, qu'elles rapportent directement l'intérêt de ce qu'elles coûtent; mais il convient de régler la dépense sur le bien-être que les travaux doivent produire, sur les avantages qui en doivent résulter pour le pays.

Dans cette conviction, et après avoir bien examiné, à plus d'une reprise, le cours de la rivière dans toute son étendue, après avoir pris une exacte connaissance de la pente générale, des usines et de leur position, des courants et des chutes qui les provoquent ou qu'ils occasionnent, il m'a semblé que l'amélioration de l'Ourthe, telle qu'elle doit être pour répondre aux besoins actuels, pourrait être effectuée promptement et à peu de frais.

Il faudrait d'abord, je crois, vérifier les titres des maîtres d'usines, les contrôler minutieusement, faire rentrer dans les conditions de leur octroi ceux qui en sont sortis, et rendre à la rivière l'eau qui lui a été enlevée.

La servitude légale devrait être imposée aux riverains pour le chemin de halage et pour le marchepied. Il ne s'agit que de faire exécuter les lois sur la matière.

Les rives seraient défendues partout où elles demandent

ce soin, soit par des plantations, soit par des enrochements, selon les localités et la nature du sol.

A l'aval des pertuis, le gravier se montre presque à nu; l'eau, dans ces mêmes pertuis, oppose aux bateaux en remonte des courants dont la vitesse est de 4 à 5^{m} et plus : il faudrait donner aux digues un prolongement longitudinal, dans le sens de la rivière, régulariser les pertuis de manière à réduire la vitesse à 2^{m} ou 2^{m}50, et, s'il est possible, y maintenir un écoulement continu.

Ces pertuis ne seraient plus un obstacle pour la navigation; quelques efforts de plus sur un petit nombre de points ne sont pas une grande gêne, et les légers bateaux à vapeur de la Moselle, les *Inexplosibles* de Metz, franchissent aisément des courants de 2^{m}60.

Les autres courants, ceux qui se trouvent sur les hauts-fonds entre deux goffes, disparaîtraient au moyen de passes navigables; si d'ailleurs quelques-uns étaient trop rapides, soit entre les goffes, soit au passage ou à l'aval des pertuis, s'ils présentaient de trop fortes chutes pour être suffisamment adoucis par l'emploi de ce système seul, des barrages mobiles, procédé presque aussi simple, mais dont on ne doit user qu'avec réserve sur une rivière comme l'Ourthe, pourraient être aisément appliqués [1].

On obtiendrait facilement ainsi un tirant d'eau utile de

[1] Les barrages mobiles, ou barrages à fermettes, offrent, par un procédé des plus ingénieux, le moyen d'avoir des pertuis dans les basses eaux et de rendre à la rivière, dans les hautes eaux, toute la profondeur et toute la largeur de son lit. Exécutés d'abord à Basseville par l'inventeur lui-même, M. Poirée, ils ont été employés au canal de Berry, avec des perfectionnements dus à M. d'Haranguier et mis à profit par M. Bailloud, ingénieur chargé des travaux d'une partie de ce canal. La simplicité de l'invention invite à en faire usage. Cependant il faut un éclusier pour les ouvrir et les fermer à volonté, selon les besoins; quelquefois aussi deux ouvriers sont nécessaires pour la manœuvre, même en se bornant aux dimensions des barrages construits sur le canal de Berry; dans les rivières à fond de gravier, ils deviennent des centres d'accumulation et provoquent la formation de bancs qu'il est difficile d'empêcher et plus difficile de détruire : ce sont là de graves inconvénients, qui, du reste, n'existent pas pour des rivières à fond de sable, comme la Seine et l'Yonne, où l'on s'est parfaitement trouvé de leur emploi. Appli-

0m80 dans le plus bas étiage, entre Liége et Durbuy, sur une longueur de 63,000m, et de 0m50 entre Durbuy et La Roche, sur 37,000m. Des bateaux de 50 à 60 tonneaux pourraient donc être constamment employés à pleine charge dans le premier parcours, et de 30 à 40 tonneaux dans le second.

En restreignant les travaux au strict nécessaire, on diminuerait considérablement la dépense. Elle ne serait pas fort élevée, sur une rivière bordée de rochers qui offrent d'excellentes carrières, dont les possesseurs jettent autour d'eux des milliers de mètres cubes de moellons qu'ils ne peuvent transporter nulle part. Avant 1830, on a payé des pérés au prix de 6fr34 le mètre carré, du gravier à raison de 3fr10 le mètre cube; mais il n'est pas question de pareils prix dans les ouvrages du genre de ceux que je propose, qui ne requièrent que du moellon brut, et ce serait évaluer bien haut la dépense que de la porter à 15fr le mètre courant, ou à 1,500,000fr depuis Liége jusqu'à La Roche.

Avec de semblables travaux, il est aisé de prévoir l'activité que prendrait la navigation.

Certes la Sambre, pour notre commerce extérieur, a une importance que l'Ourthe n'a pas et que peut-être elle ne peut acquérir ; mais, pour les relations intérieures, l'Ourthe ne le cède en rien à la Sambre, elle est même plus essentielle à la prospérité du Luxembourg que cette dernière ne l'était aux provinces de Hainaut et de Namur, et elle a sur cette

qués au Cher, les barrages à fermettes ont été recouverts de pierres et de galets dans les hautes eaux ; sur l'Ourthe, il y a bien plus à craindre. Il faut donc n'y recourir qu'avec circonspection et bien choisir leur emplacement.

Ce qu'il y a de certain, c'est que le système de barrages fixes que l'on a proposé pour l'Ourthe, suppose d'autres conditions dans le régime des eaux que le système de barrages mobiles ; que ces deux systèmes ne sont pas indifféremment applicables à une rivière, ou du moins sur les mêmes points d'une même rivière, et qu'ils s'excluent mutuellement, dans ce sens, que là où l'un est reconnu praticable et avantageux, l'emploi de l'autre n'est, la plupart du temps, ni facile ni sans danger.

même rivière le très-grand avantage d'un volume d'eau plus élevé.

Voici le tableau des transports de la Sambre; on y a distingué ceux qui se rendent à la Meuse.

ANNÉE.	DESTINATION.					TOTAUX.
	FRANCE.	HAUTE-SAMBRE.	BASSE-SAMBRE.	CANAL de CHARLEROY à BRUXELLES.	MEUSE.	
	Tonneaux.	Tonneaux.	Tonneaux.	Tonneaux.	Tonneaux.	Tonneaux.
1831	18,215 61	30,543 66	42,220 37	»	63,488 01	154,467 65
1832	32,121 63	29,690 76	68,683 92	12,000 04	64,633 12	207,129 47
1833	24,910 41	45,259 05	56,204 46	50,724 96	60,616 50	237,715 58
1834	19,380 01	47,428 45	83,366 66	47,086 21	74,329 96	207,591 29
1835	3,417 20	5,042 60	8,762 70	2,698 30	6,937 50	(1)26,858 30
1836	48,806 60	74,000 00	113,763 10	23,746 90	97,019 90	357,336 50
1837	37,964 70	92,055 10	143,539 00	15,300 10	93,971 30	382,828 20
1838	40,575 60	73,579 00	116,195 40	18,393 40	78,473 30	327,216 70
1839	66,330 90	59,562 90	107,268 40	35,161 60	88,696 50	357,020 30

L'Ourthe entre aujourd'hui dans le mouvement de la navigation de la Meuse pour un chiffre plus considérable que la

(1) L'État ayant repris la Sambre le 1er novembre, ce total ne comprend que les deux derniers mois de l'année.

Sambre canalisée, dont la part, tout en s'accroissant d'année en année, est restée au-dessous de 100,000 tonneaux; il est donc évident que, par des perfectionnements judicieux, cette artère du Luxembourg deviendrait un affluent bien supérieur à la Sambre, et de plus en plus fructueux pour deux provinces et pour le pays.

Jemeppe, le 10 octobre 1843.

H. G.

DOCIMASIE.

ANALYSES DES DIVERSES ESPÈCES DE HOUILLES

PROPRES A LA FABRICATION DU COKE.

(8 septembre 1845).

SUITE DES TRAVAUX DE LA SOUS-COMMISSION DES PROCÉDÉS NOUVEAUX, CHARGÉE DE L'ÉTUDE DES MOYENS DE FABRICATION DU COKE EN BELGIQUE (1).

Cette sous-commission, par la retraite d'un de ses membres, reste composée de MM. Devaux, inspecteur général des mines, et Chandelon, professeur à l'université de Liége.

Elle a été puissamment secondée dans cette seconde partie de son travail par M. Boulanger, ingénieur civil des arts et manufactures, qui a fait toutes les analyses, au laboratoire de l'école des mines, sous la direction de M. Chandelon.

(1) Annales des travaux publics, tome 3, pages 469 et suivantes.

Meuse), ran

NUMÉRO d'ordre.	NUMÉRO d'inscription.	DÉSIGNATION des MINES.	NOMS des siéges D'EXPLOITATION.	DÉSIGNATION DE LA COUCHE DE HOUILLE — NOMS.	ALLURE.	Puissance.
1	23	LA HAYE. (Liége.)	LA HAYE	Marais	Plateur.	0,6
2	25			Cochet	Id.	0,89
3	24			Grignette	Id.	0,88
4	9	VAL-BENOÎT. (Liége.)	GRAND-BAC	Bettebon	Dress^{t} et Plateur.	1,19
5	12			Cor	Id.	0,75
6	10			Grande Rusette	Id.	1,05
7	11			Pery	Id.	0,95
8	4	GOSSON. (Grâce-Montegnée.)	GOSSON	Grande Veine	Plateur.	2,36
9	1			Gharnapré	Id.	0,90
10	2			Quatre pieds	Id.	0,95
11	3			Cinq pieds	Id.	0,75
12	6	HORLOZ. (Tilleur.)	MURÉ BURE	Blanche-Veine	Id	0,87
13	5			Piemtain	Id	0,48
14	7			Dure Veine	Id.	0,78
15	8		BURE DE XHORE	Grande Veinette	Id	1,80
16	16	KESSALES. (Jemeppe.)	BURE ROMARIN	Hareng	Id.	1,04
17	17			Bagosset	Id	1,12
18	18			Hardie	Id.	0,80
19	19		BURE-BON BUVEUR	Hareng	Id.	1,05
20	20			Bagosset	Id.	1,20
21	14	ARTISTES. (Flémalle.)	ARTISTES	Trois poignées	Id.	0,66
22	15			Bagosset	Id.	0,67
23	13	BALDAZ-LA-LORE. (Chokier.)	BALDAZ-LA-LORE	Bomé Bâche	Dressant.	0,48
24	21	BOIS D'AVROY. (Liége.)	BOIS D'AVROY	Petite Moïsa	Id.	0,42
25	22			Grande Moïsa	Id.	0,18

…ION DES HOUILLES					
MATIÈRES					
volatiles.	terreuses.	Pyrites.	Quantité de coke pour °/o de houille.	ASPECT DES CENDRES.	Observations.
…045	2,530	0,765	77,75	Cendres gris brunâtre.	»
…58	3,844	0,266	79,67	— grises.	Couche partagée en deux laies par 0m15 de schiste.
…02	2,257	1,025	79,91	— gris rougeâtre.	»
…00	1,816	0,297	84,47	— rougeâtres.	Havage au mur de 0m24.
…00	3,957	1,870	84,014	— blanc rougeâtre	Id. au toit de 0m35.
…29	5,060	0,369	81,58	— gris brunâtre.	Couche partagée en deux laies par 0m30 de schiste.
…05	6,526	0,350	81,90	— gris rougeâtre , ...	Havage au mur de 0m15.
…77	2,356	1,266	76,88	— blanc rougeâtre	Couche partagée en quatre laies, par 0m48 de schiste.
…58	0,930	1,224	80,81	— gris rougeâtre	Couche partagée en quatre laies.
…17	3,835	0,381	80,38	— brunâtres	— — en deux laies, par un lit de havage de 0m03.
…32	3,374	1,838	82,32	— gris foncé.	Sans havage.
…79	2,001	0,595	79,76	— grises	Couche partagée en trois laies, dont deux sont séparées par 0m15 de schiste.
…51	1,384	0,475	79,64	— gris orangé	Grès au mur de 0m05.
…44	2,860	0,132	83,37	— blanc grisâtre	Havage au mur de 0m03.
…00	0,330	1,468	75,90	— brunâtres	»
…10	6,398	0.408	79,58	— gris orangé.	Couche partagée en deux laies, par 0m04 de schiste.
…25	2,735	0,480	78,72	— blanc grisâtre	Couche partagée en deux laies, par 0m12 de schiste.
…37	4,339	0,491	79,48	— blanc grisâtre	»
…54	4,212	0,502	82,58	— grises.	Couche partagée en deux laies, par 0m03 de schiste.
…06	2,338	1,065	81,51	— brunâtres	Couche partagée en deux laies, par 0m09 de schiste.
…97	4,491	0,821	79,78	— grises	Couche partagée en deux laies égales, par un lit de pierres de 0m09.
…11	3,750	0,402	78,88	— gris rougeâtre	Couche partagée en deux laies, par 0m12 de pierres.
…24	4,492	1,496	78,27	— brunâtres.	»
…56	3,392	0,569	79,68	— blanc grisâtre	Couches partagées en deux laies égales, par un lit de havage.
…51	1,384	0,475	79,11	— brunâtres	

NUMÉRO du mérite.	NUMÉRO d'ordre du tableau A.	DÉSIGNATION des MINES.	NO[M] des si[èges] D'EXPLOI[TATION]
1	4	Val-Benoit.	Grand-Bac. . .
2	14	Horloz	Muré-Bure. . .
3	9	Gosson	Gosson . . . .
4	5	Val-Benoit.	Grand-Bac. . .
5	20	Kessales.	Bure-bon-buveur
6	19	Kessales	Idem. . .
7	13	Horloz	Muré-Bure. . .
8	11	Gosson	Gosson . . . .
9	12	Horloz	Muré-Bure. . .
10	3	La Haye.	La Haye . . . .
11	10	Gosson	Gosson . . . .
12	6	Val-Benoit.	Grand-Bac. . .
13	2	La Haye.	La Haye. . . .
14	17	Kessales	Bure-Romarin .
15	7	Val-Benoit.	Grand-Bac. . .
16	22	Artistes.	Artistes. . . .
17	1	La Haye.	La Haye. . . .
18	18	Kessales.	Bure-Romarin .
19	21	Artistes	Artistes. . . .
20	15	Horloz	Bure de Xhore .
21	24	Bois d'Avroy	Bois d'Avroy . .
22	8	Gosson	Gosson . . . .
23	22	Bois d'Avroy	Bois d'Avroy . .
24	23	Baldaz-la-Lore	Baldaz-la-Lore. .
25	16	Kessales.	Bure-Romarin. .

...ATION DE LA COUCHE ESSAYÉE.				COMPOSITION DES HOUILLES.				QUANTITÉ de COKE pour % DE HOUILLE.
	ALLURE.	Puissance. — Mètres.	Profondeur. — Mètres.	Carbone.	MATIÈRES volatiles.	MATIÈRES terreuses.	Pyrites.	
. .	Dressant et Plateur.	1,19	200	82,437	15,450	1,816	0,297	84,47
. .	Plateur.	0,78	288	80,414	16,594	2,860	0,132	83,37
. .	Id.	0,90	226	78,988	18,858	0,930	1,224	80,81
. .	Dressant et Plateur.	0,75	200	78,692	15,481	3,957	1,870	84,014
. .	Plateur.	1,20	408	78,171	18,206	2,558	1,065	81,51
. .	Id.	1,03	408	78,052	17,234	4,212	0,502	82,58
. .	Id.	0,48	361	77,910	20,231	1,384	0,475	79,64
. .	Id.	0,75	226	77,606	16,982	3,574	1,838	82,52
. .	Id.	0,87	348	77,325	20,079	2,001	0,595	79,76
. .	Id.	0,88	299	76,906	19,812	2,257	1,025	79,91
. .	Plateur.	0,93	226	76,437	19,317	3,835	0,381	80,58
. .	Dressant et Plateur.	1,05	225	76,251	18,320	5,060	0,369	81,58
. .	Plateur.	0,89	289	75,632	20,258	3,844	0,266	79,67
. .	Id.	1,12	122	75,630	21,155	2,735	0,480	78,72
. .	Dressant et Plateur.	0,95	200	75,119	18,005	6,526	0,350	81.90
. .	Plateur.	0,67	223	74,857	20,011	3,730	0,402	78,88
. .	Id.	0,65	226	74,844	22,043	2,350	0,763	77,75
. .	Id.	0,80	112	74,783	20,387	4,339	0,491	79,48
. .	Id.	0,66	245	74,691	19,997	4,491	0,821	79,78
. .	Id.	1,80	30	74,282	23,700	0,550	1,468	75,90
. .	Dressant.	0,42	226	73,873	20,166	5,392	0,569	79,68
. .	Plateur.	0,36	226	73,601	22,777	2,356	1,266	76.88
. .	Dressant.	0,18	226	72,957	20,231	1,384	0,475	79.11
. .	Id.	0,48	250	72,688	21,324	4,492	1,496	78,27
. .	Plateur.	1,03	408	72,684	20,310	6,598	0,408	79,58

NAVIGATION FLUVIALE.

AMÉLIORATION DE LA MEUSE

DE L'AMONT A L'AVAL DE LIÉGE.

I.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES AUX LOCALITÉS.

§ 1er. — *Besoins à satisfaire.*

Dans les temps anciens, la vallée de la Meuse, au confluent de l'Ourthe, n'était qu'un terrain bas et marécageux; aussi les premières rues de la ville de Liége ont-elles été des ponts. Il y en avait un qui, depuis le palais de justice, allait jusqu'en Cornillon, par Souverain-Pont et la chaussée des Prez.

Avec le temps, et par cela seul qu'il se formait une ville, les attérissements successifs devaient changer le régime de la rivière, et, dans l'origine, les constructions ont eu pour résultat de l'améliorer, en réunissant des eaux éparses qui devaient être peu navigables. Si les constructions subséquentes eussent été aussi bien dirigées que les premières, si l'écoulement eût été ménagé avec autant de soin qu'il l'avait été d'abord, on aurait évité beaucoup d'inconvénients très-graves, qui excitent aujourd'hui de justes plaintes. Il faut cependant convenir que plusieurs causes des dangers que présente la Meuse pour la ville de Liége,

soit quant à la navigation, soit quant aux débordements, sont les conséquences d'un laps de temps considérable, et que le sol s'étant peu à peu relevé par des alluvions, il y aurait toujours eu des travaux à faire.

Je crois pouvoir résumer ainsi les besoins de la ville de Liége, besoins auxquels les projets dont il s'agit maintenant doivent indispensablement satisfaire :

1°. Des travaux en lit de rivière, procurant à la navigation un passage facile de Fragnée à l'aval du pont des Arches, par toutes les hauteurs d'eau navigables, soit en descente, soit en remonte ;

2°. L'établissement d'un chemin de halage sur la rive gauche ;

3°. Des abordages, des ports où les marchandises puissent séjourner, et des abris pour les bateaux ;

4°. La mise en relation de la Meuse avec le chemin de fer ;

5°. Un exhaussement de la rive gauche, tel que les abords de la station et le pavé de la route de Namur soient rendus insubmersibles ;

6°. Des ouvrages propres à préserver la Boverie et le quartier d'Outre-Meuse des désastres que doivent nécessairement, dans l'état actuel des choses, leur causer les eaux de débordement ;

7°. Un moyen d'écoulement pour les eaux stagnantes du canal de la Sauvenière, décharge de nombreux égouts de la ville.

§ 2. — *État ancien des lieux.*

Avant de rien modifier de ce qui existe, il convient de s'assurer des faits et de bien reconnaître les lieux.

Un mot d'abord de ce qu'ils étaient jadis et jusqu'à ces derniers temps.

Entre autres constructions importantes dont les Liégeois furent redevables à l'évêque Notger, il faut compter une dérivation des eaux de la Meuse, aussi bien entendue pour l'as-

sainissement de la ville que pour la facilité de la navigation([1]). En dégageant la rive droite des courants qui la sillonnaient dans les hautes eaux, elle permit au sol de s'exhausser par des alluvions successives, et changea des marais infects en excellents terrains.

Chapeauville et Fisen parlent de cette dérivation; Foullon en reporte la date à l'an 986.

Navigable encore à la fin du XVIIIe siècle, et d'une incontestable utilité pour le commerce, puis transformée en canal sous l'administration du baron Micoud, préfet du département de l'Ourthe, elle n'est plus aujourd'hui qu'un cloaque dépourvu d'écoulement.

Voici quelles circonstances présentait son ancien cours.

Elle partait des Augustins, passait au *Pont d'Avroy*, d'où, par un long circuit, elle gagnait *Roland-Goffe*, passait au *Pont des Bégars*, et de là au *Pont d'île*, sur une partie duquel étaient des habitations.

Une dérivation secondaire, nommée la *Rivelette*, dont la prise d'eau était à l'aval du *Trou-Hasinelle*, en amont du pont d'Avroy, revenait dans le canal près de Roland-Goffe.

([1]) Liége, au Xe siècle, n'avait encore qu'une enceinte très-resserrée. Le *Château Sylvestre*, qui occupait la place St.-Michel, n'en faisait pas partie, non plus que les deux Sauvenières et le quartier d'Avroy. Le quartier de l'Ile était alors à peine habité. La *Forêt de Glain* descendait jusqu'aux *Degres St-Pierre*, et la rue derrière le palais y était comprise. Les murs de clôture d'un côté, partaient du bas de la haute Sauvenière, et, passant par St.-Denis, allaient se terminer à la Meuse; du côté opposé, vers l'aval de la ville, ils traversaient la rue hors-château, la rue féronstrée, où se trouvait le *Château St.-Georges*, et aboutissaient pareillement au fleuve.

Le palais épiscopal, au centre de la ville, à peu près sur l'emplacement de la halle aux viandes, était en communication avec la Meuse : une porte lui donnait accès au rivage.

Sous le règne de Notger, les anciennes limites furent franchies, toute la partie à droite de la Meuse fut ajoutée à la ville, et de si grandes améliorations furent introduites, que cet évêque est considéré comme le véritable fondateur de Liége. C'est en raison des services qu'il a rendus à la cité, qu'on a pu dire de lui :

Notgerum Christo, Notgero cætera debes.

Un atterrissement en amont du pont d'île s'agrandit peu à peu et devint l'*Ile des prêcheurs.*

A la pointe nord-ouest de cette île, l'eau du canal se divisait en deux branches : l'une longeait les murs du couvent des Dominicains, passait sous la partie habitée du pont d'île, origine de la rue actuelle, prenait par le *Pont Mousset,* entre la place S[t].-Paul et la rue de l'université, passait sous deux arches du *Pont des Jésuites,* et allait se jeter dans la Meuse au droit de l'abattoir; l'autre suivait le mur de quai de la *Place aux chevaux,* en amont et en aval duquel il y avait des ports, passait sous le pont d'île, s'y subdivisait en deux bras et donnait naissance à deux îles : le premier de ces bras, qui faisait tourner un moulin à farine, descendait au pont des Jésuites, d'où il se rendait à la Meuse par la première arche de gauche, en face de la rue de l'étuve, laissant un atterrissement sous les deux arches suivantes, lesquelles, ainsi encombrées, n'offraient à l'eau aucune issue; le second bras, du *Pont Thomas,* qui reliait la rue de la Wache au *Marché-Neuf,* allait sous le *Pont de torrent*, en face de la rue S[t].-Denis et de la rue de l'étuve, et finalement sous le *deuxième* pont des Jésuites, près du rivage de la Meuse. Dans la seconde île formée par ces deux bras, étaient le marché-neuf, les rues du crucifix, des plattes-pierres, de l'étuve, et le quai *Entre les deux ponts des Jésuites*(¹).

A diverses époques antérieures, à la fin du siècle dernier, en 1816 et depuis, on a fait de nombreux changements dans la disposition des lieux : on a démoli le couvent des Dominicains, comblé la branche du canal qui passait sous le pont d'île, exhaussé l'île des prêcheurs et voûté la seconde branche devant la place aux chevaux; on a remplacé par de simples aqueducs les subdivisions du canal de la Sauvenière, que l'on continue à couvrir dans toute son étendue; les îles ont successivement disparu, ainsi que les ponts qui les unissaient entre elles et avec la ville, et les choses en sont arrivées au point où nous les voyons.

(¹) *Chapeauville*, *Fisen*, *Foullon*; *MM. Villenfagne*, *Polain*, etc.

En comblant un canal qui avait de 30 à 35ᵐ de largeur, en le réduisant à de très-minces dimensions, on en a fait, au milieu de la ville, une rigole boueuse, fétide, d'où sortent des exhalaisons pestilentielles, cause évidente d'insalubrité ; on a en même temps créé des entraves à la navigation, le pont des Arches ne se trouvant plus perpendiculaire au fil de l'eau, dont le courant, autrefois très-bien dirigé, était la résultante des courants d'amont.

L'anéantissement de ce canal n'a pas eu des effets moins funestes sur le niveau des débordements, tellement qu'après avoir supprimé la dérivation de Notger, on en demande une autre.

Le rétrécissement de la Meuse, depuis le pont de la Boverie jusqu'en Cheravoye, et l'exhaussement de la Batte-à-pierre, ont ajouté aux motifs de plainte des habitants de la Boverie, du quartier d'Avroy et de la chaussée St.-Gilles [1].

[1] Il est peu de rivières dont le cours ait été aussi altéré, aussi tourmenté, que celui de la Meuse dans la traverse de Liége, aussi bien en aval qu'en amont du pont des Arches.

Le quai St.-Léonard et une partie de la fonderie de canons, ainsi que la belle promenade de Coronmeuse, sont dans l'ancien lit du fleuve.

L'île Lefebvre séparait autrefois les eaux de la Meuse et celles du Barbou. « Estant notoir à la veue d'œil, dit le conseil de la cité, 15 septembre 1676, que la riuiere de Meuse, à la *cueue* du doz Fanchon, quittant son lit se dégorge dans le Barboux, en tele quantité que la nauigation en est rendue plus incommode et en pourra estre du tout empeschée au futur, sy on negligeoit plus longtemps d'y apporter le remede conuenable, auons declaré et declarons estre libre aux poissonniers, naiueurs et aultres interessez, d'y pouruoir et contribuer aux remedes susdicts par digues ou aultres moyens qu'ils trouueront les plus propres. » *Archives de l'hôtel de ville, à Liege.*

Le *Pont Maghin* n'était jadis qu'un pont-levis nommé la *Porte de Hongrie*, qui interceptait le chemin de halage. Sur les représentations des bateliers, en 1594, les magistrats achetèrent la propriété de Maghin, famille mentionnée par Hemricourt, et c'est sur ce terrain que furent construits la porte et le nouveau pont, sous lequel passaient les bateaux pour entrer dans la gare qui existait le long des remparts de la ville jusqu'à la porte St.-Léonard. Cet utile bassin a été comblé de nos jours, et le pont Maghin a été démoli en 1832

Il est juste d'ajouter que, par suite d'une longue négligence, le bassin de St.-Léonard était devenu impraticable, et que le dernier pont construit en cet endroit était beaucoup trop bas pour que les bateaux pussent y passer.

Dans Guichardin, le pont des Arches d'alors, qui avait été commencé en 1422

§ 3. — *État actuel des lieux.*

Aujourd'hui donc tout est changé.

Les eaux arrivent à Liége par la Meuse et par l'Ourthe : par la Meuse, elles viennent du Val-Benoît, dont le pont a 109m de débouché en hautes eaux ; par l'Ourthe, elles viennent de Chênée, où le débouché est de 48m pour le pont du chemin de fer, et de 42m pour le pont sur la Vesdre : en tout, 199m.

Dans la traverse de Liége, l'écoulement se fait par plusieurs ponts : le pont des Arches a 96m55 de débouché ; le pont St.-Nicolas 35m20 ; le pont St.-Julien 10m, et le pont d'Amercœur 38m20 : en tout, 179m95.

et achevé en 1446, a, comme le pont actuel, cinq piles et par conséquent six passages. On voit dessus plusieurs maisons.

Cet écrivain disait au XVIme siècle, en parlant de Liége : « Son plan est merueilleux. . . . sur la Meuse, laquelle entre dedans auec deux rameaux et y fait plusieurs islettes habitées. » *La description de tous les Pays-Bas ; par* Messire Lovis Gvicciardin, *gentilhomme florentin.* Anvers, chez Plantin, 1582.

Au XVIIme siècle, un autre écrivain parle aussi de la multitude d'îles dont Liége se compose. « . . . . Liége, soit qu'elle ait receu ce nom de la legion romaine qui fut taillée en pièces dans la vallée où elle est maintenant bastie, ou du ruisseau *Legia*, qui auant de se perdre dans la Meuse, auec plusieurs petites riuieres qui viennent de la forest d'Ardenne, et les autres dont i'ay desia parlé, passe par les rues de cette opulente ville, où toutes à l'enuy luy offrent leurs poissons, et la commodité des eaux dont les citoyens se seruent auantageusement pour conduire des fontaines et des viuiers dans leurs maisons, et faire de leur ville comme une archipelague en terre ferme, entrecoupé d'un grand nombre d'isles. . . . Philippes de Comines compare Liége à Rouen pour la grandeur ; néanmoins ceux qui ont pris les dimensions des deux, asseurent que Liége a beaucoup plus d'estendue, quoy qu'elle ne soit pas si peuplée, y ayant de grandes places desertes, dont les unes sont attachées à la nature du lieu, qui est inhabitable ; les autres sont des effets de la guerre et des restes de la cruauté de Charles le Hardy, dernier duc de Bourgogne, etc. » *Les rivières de France*, etc. ; par Coulon. Paris, 1644.

Il résulte de là que le sol de la ville s'est exhaussé par des alluvions successives et par des travaux de main d'homme, qui ont aussi, comme l'attestent d'autres monuments, modifié le lit de la Meuse à l'amont du pont des Arches et de la Tour-en-Bêche, à l'aval du même pont, à St-Léonard, et ailleurs.

De Coronmeuse à Herstal, la Meuse paraît s'être dirigée autrefois par le pied des montagnes de la rive gauche : elle est devenue plus navigable en allongeant son cours, il ne faut donc pas le diminuer.

Il serait possible, à certaines époques de l'année, que les sections aux ponts de Liége eussent une superficie supérieure à celle des sections des ponts en amont de la ville ; mais, en hautes eaux, la vitesse de surface étant de beaucoup la plus considérable, ce n'est pas la superficie de la section qu'il faut considérer, c'est sa largeur. Il suit de là que les ponts, dans la traverse de Liége, sont des barrages qui exhaussent le niveau des hautes eaux, et ce fait est essentiel à constater.

D'après les repères conservés à Liége, à l'amont et à l'aval du pont des Arches, voici les hauteurs des plus fortes crues.

ANNÉES.	COTE AU-DESSUS DE L'ÉTIAGE à l'aval des ponts.	COTE AU-DESSUS DE L'ÉTIAGE à l'amont des ponts.	Différence.	DÉBIT DE LA RIVIÈRE à Jemeppe.	DÉBIT DE LA RIVIÈRE à Liége.	OBSERVATIONS.
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètr. cub.	Mètr. cub.	
1571	5,440	6,590	0,95	»	»	A Liége, les eaux de la Meuse sont grossies des eaux de l'Ourthe.
1643	5,920	6,881	0,961	2,600	3,800	En très-basses eaux, la Meuse débite [illegible]
1740	5,732	6,760	1,028	2,500	3,500	et l'Ourthe [illegible]

Le 27 février 1844, les eaux se sont élevées :
A l'amont du pont de Seraing, à 5m30 au-dessus de l'étiage ;
id. du Val-Benoît, à 5m45 ;
id. de la Boverie, à 5m10 ;
id. des Arches, à 4m60.

Ce même jour, qui est celui où l'inondation a atteint son *maximum*, la différence de niveau de l'amont à l'aval du pont du Val-Benoît était de 0m30 : les eaux d'aval n'étaient qu'à 5m15 aux arrière-becs des piles ;

A l'aval du pont de la Boverie, le niveau était à 4m80, et par conséquent à 0m30 plus bas qu'en amont ;

Au pont des Arches, la différence était plus forte encore et d'environ 0m50;

Enfin, ce qui est plus remarquable, elle était de 0m20 au pont de Seraing.

La conséquence de ces observations et d'observations antérieures, c'est que les ponts sur la Meuse, depuis Dinant, sont tous des barrages transversaux, et que ceux de Liége sont très-préjudiciables à la partie de la ville située en amont.

Lors du dernier débordement, d'autres causes se sont ajoutées à l'insuffisance du débouché des ponts pour augmenter l'inondation de cette partie de la ville.

Deux de ces causes sont permanentes : l'une est l'exhaussement de la Batte-à-pierre, en amont de la Tour-en-Bêche, l'autre est la chaussée Grétry.

La troisième n'est que temporaire et accidentelle : elle consiste dans un dépôt de pavés qui surhaussait la Batte-à-pierre et ne laissait plus aux eaux de la Meuse, pour seule ouverture, que les 96m du pont de la Boverie.

Voici maintenant, lors des crues, comment les choses se passent :

Aux eaux de la Meuse, qui débouchent par le pont du Val-Benoît, viennent se joindre les eaux de l'Ourthe, dont la plus grande partie n'afflue pas, mais reflue dans le lit de la rivière par le Forchu-Fossé; à mesure que le niveau s'élève, le cours de la Meuse est de plus en plus contrarié par les eaux de l'Ourthe, et bientôt s'effectue un déversement de cette dernière sur Froidmond, Fétine et la Boverie : des courants alors s'établissent dans tous les sens et causent des dégâts qui ont, à toutes les époques, soulevé de nombreuses réclamations.

Il s'agit donc d'obvier à des inondations qui proviennent de l'Ourthe autant que de la Meuse, et de faciliter l'écoulement des eaux dans l'intérieur de la ville.

II.

EXAMEN DU PROJET DE DÉRIVATION DE FRAGNÉE AU PONT DE LA BOVERIE.

§ 1.— *Incertitude des résultats d'une dérivation.*

Un projet a été précédemment conçu pour dériver la Meuse dans la traverse de Liége, de Fragnée au pont de la Boverie; s'il satisfaisait à toutes les conditions qu'il faut remplir pour répondre aux besoins de la ville de Liége énumérés plus haut (§ 1er), il serait au moins inutile de se livrer à de nouvelles recherches et d'indiquer d'autres travaux; mais s'il n'y satisfait pas, il n'est cependant point convenable de le rejeter sans avoir prouvé d'abord son insuffisance ou ses inconvénients.

Je tiens d'abord à constater que l'ingénieur qui en a élaboré et discuté les détails, n'a fait que reproduire, à la demande des bateliers, un projet antérieur dont il n'est pas responsable, et que si le conseil des ponts et chaussées l'a approuvé, c'est seulement parce qu'il méritait la préférence sur d'autres beaucoup plus douteux.

Ce projet embrasse plusieurs séries d'ouvrages, les uns relatifs à la rivière et à sa navigation, les autres à l'utilité, à l'assainissement, à l'embellissement de la ville : je ne m'occuperai que des premiers.

Quant à la rivière, deux points sont à considérer : la navigation et les débordements.

En ce qui concerne les débordements, le projet n'a rien prévu : d'autres travaux sont donc nécessaires, et en ceci il est insuffisant; mais j'en examinerai les effets tout à l'heure.

En ce qui regarde la navigation, il m'a paru qu'il serait dangereux, si toutefois il est exécutable.

Voici mes motifs.

Il n'y a pas longtemps que l'on s'occupe d'une sérieuse amélioration des rivières et du perfectionnement de leur na-

vigation. « Cette étude, dit Navier, est une des plus difficiles et jusqu'ici des moins approfondies de l'art de l'ingénieur. »

« Il n'y a peut-être, dit Fabre, aucune partie de l'hydraulique sur laquelle on ait autant écrit que sur les rivières, et sans contredit il n'y en a aucune au sujet de laquelle nous ayons acquis moins de connaissances. . . . Il y a même des auteurs, tels que Bélidor, qui ont prétendu que les rivières qui charrient du gravier doivent être regardées comme *presque indomptables* [1]. »

Au milieu des théories diverses exposées par les ingénieurs qui se sont appliqués à l'amélioration des rivières, dans la divergence des opinions, on distingue cependant un principe admis par tous : c'est l'obligation impérieuse de ne pas changer le cours d'une rivière, de ne pas toucher à sa direction.

A l'occasion des travaux d'amélioration projetés sur la Seine, Fabre démontre « les inconvénients désastreux qui résulteraient du redressement du lit de la rivière. »

« Nous remarquons, au sujet de tels redressements, et en général au sujet des travaux à faire sur les cours d'eau, qu'il faut bien prendre garde de ne pas produire un mal plus grand que celui auquel on voulait remédier, soit en amont ou en aval de la localité où se font les travaux, soit dans la localité même : ainsi les premiers auteurs de la Robine, canal qui va de l'Aude à la Méditerranée par Narbonne, lui avaient fait faire, au-dessus et au-dessous de cette ville, de forts circuits; ils voulaient, en ralentissant la vitesse du courant, augmenter sa profondeur et favoriser la navigation ascendante : à la fin du siècle dernier, pour ne pas avoir senti le but qu'ils s'étaient proposé, et attribuant les sinuosités à un simple hasard, on a entrepris de redresser le lit, afin, disait-on, d'abréger la durée de la navigation, et, lorsque l'alignement a été fait, on n'a plus eu assez de tirant d'eau;

[1] *Essai sur la théorie des torrents et des rivières*, etc. ; par Fabre, ingénieur en chef des ponts et chaussées. Paris, 1797.

il a fallu établir des écluses et même dépenser plus d'eau (1).»

« Nous pensons qu'il faut renoncer aux alignements rectilignes et aux sections qui en seraient la conséquence, pour adopter exclusivement des directions curvilignes, ainsi que la section qui en dérive (2).»

« Les *coudes brusques* d'une rivière présentent quelquefois des dangers à la descente des bateaux et rendent le halage impossible à la remonte; *il est donc indispensable de les adoucir*. Quant aux grandes sinuosités, elles paraissent nuisibles en ce sens que le parcours est plus long ; cependant, lorsque toutes les autres conditions d'une bonne navigation sont remplies, il est prudent de ne pas trop les redresser. . . . . Ce n'est qu'avec beaucoup de circonspection qu'on doit changer le cours d'une rivière, parce que les *résultats sont incertains.* Il vaut mieux chercher à la maintenir dans les limites qu'elle semble s'être tracées elle-même, lorsqu'elle est disposée à de trop grands écarts.—Les rivières sinueuses sont celles dont les redressements sont les plus hasardés ; se sont ordinairement des rivières à fond mobile. On peut espérer de maintenir les nouvelles rives en se résignant à la dépense de revêtements qui résistent aux courants; mais comme il serait trop coûteux de défendre le fond, on le laisse à nu. C'est donc lui qui est attaqué. Les moindres inégalités dans les rives produisent des remous qui font naître de légers sillons dans le fond sablonneux, ils augmentent peu à peu, et bientôt il s'y établit des courants décidés, qui déterminent des lignes de thalweg dirigées en biais contre certains points des berges artificielles, lesquels s'affouillent et nécessitent alors des travaux plus considérables (3). »

« C'est à tort, en général, que l'on croit fixer le cours d'un fleuve qui attaque fortement ses rives, en redressant son lit :

(1) *Traité d'Hydraulique;* par J. F. D'Aubuisson. Paris, 1840.

(2) *Des travaux du Rhin ;* par M. Defontaine, ingénieur en chef des ponts et chaussées. *Annales des ponts et chaussées*, t. VIII. Paris, 1833.

(3) *Cours de construction des ouvrages*, etc.; par M. Minard, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées. Paris, 1841.

le résultat de cette opération est d'augmenter la vitesse, et par conséquent la force avec laquelle le terrain peut être emporté[1]. »

On sait que l'Oise, près du village de Thourotte, a été détournée de sa première direction, et qu'après avoir erré longtemps dans sa vallée, elle n'est redevenue stationnaire que lorsque le développement de son nouveau lit s'est trouvé précisément égal à celui de l'ancien[2].

D'après ces autorités, les résultats d'une dérivation sont au moins très-incertains.

Il serait donc possible que la dérivation projetée ne réussît pas.

De plus, elle n'amène pas les eaux perpendiculairement à l'axe du pont de la Boverie, en sorte que, si elle réussit, les bateliers seront toujours obligés de prendre des pilotes pour le passage du pont, source de dépense et cause de périls.

Mais, en la supposant exécutée, elle présenterait peut-être d'autres inconvénients, assez graves pour la rendre impraticable à la navigation.

§ 2. — *Vitesse dans la dérivation.*

Des expériences de Dubuat sur la résistance des coudes au mouvement de l'eau, ont établi que cette résistance est proportionnelle au carré de la vitesse du fluide, au nombre des angles de réflexion et au carré de leur sinus[3].

Venturi a adapté à un réservoir trois ajutages cylindriques et horizontaux, de même longueur et de même diamètre : l'un droit, le second terminé en arc de cercle, et le troisième par un coude rectangulaire : la dépense obtenue en 45″ par le premier ajutage, l'a été en 50″ par le second, et en 70″ par le troisième[4].

[1] *Résumé des leçons données à l'école des ponts et chaussées*, etc.; par Navier. Paris, 1833.

[2] *Cours de construction*, etc.; par M. Minard.

[3] *Traité d'hydraulique*; par J. F. D'Aubuisson.

[4] *Recherches expérimentales sur le principe de la communication latérale du mouvement dans les fluides*, etc.; par J. B. Venturi. Paris, 1797.

Le développement de la Meuse, depuis le pont du Val-Benoît jusqu'au pont de la Boverie, est de 2,870^m; de la Chapelle du Paradis au pont de la Boverie, il est de 1632^m, la pente totale est de 1^{m}11 : par la dérivation, ces deux parcours ne seraient plus respectivement que de 2,515^m et de 1272^m, la pente restant la même et ne pouvant être changée que par des travaux non indiqués au projet.

Cependant en admettant, ce qui n'est pas admissible, que cette pente se répartisse uniformément dans la Meuse et dans la dérivation depuis le pont du Val-Benoît, la vitesse du milieu du courant de surface, suivant le thalweg, par des eaux de 3^{m}50, serait de 2^{m}47, sur une longueur de 2.515^m, et la vitesse moyenne de 2^{m}12.

En effet, en appelant ω l'aire de la section, χ le périmètre mouillé, R le rayon moyen, I la pente de surface, v la vitesse moyenne, et Q le produit, on aura ω=549$^{m\cdot}$7, χ=164^{m}70, $R=\frac{\omega}{\chi}$=3^{m}33, I=0^{m}000446, RI=0,001485 et v=2^{m}12. Dans ce cas, Q est égal à 1165^{m3}46.

Si, contre la supposition et avec plus de vraisemblance, la pente ne se répartissait régulièrement qu'à partir de l'entrée de la dérivation, alors la vitesse moyenne, par les mêmes eaux, serait, d'après les mêmes formules, de 2^{m}9 et celle du milieu du courant de surface, de 3^{m}45.

Ces calculs se rapportent à une section terminée d'un côté par un péré à l'inclinaison de 2 sur 3, de l'autre par le talus du terrain naturel, et ayant 100^m de largeur ; si la dérivation projetée est comprise entre un mur droit et un talus de 2 sur 1, avec la même largeur de 100^m, alors la vitesse moyenne, dans les mêmes circonstances et en supposant la pente uniforme à partir du pont du Val-Benoît, sera de 2^{m}36, et la vitesse qui importe le plus à la navigation, celle du milieu du courant de surface, de 2^{m}73.

Enfin, dans la supposition d'une pente par mètre de 0,00083, la vitesse moyenne, toujours par des eaux de

3m50 au-dessus de l'étiage, serait de 3m20, et celle du milieu du courant de surface, à peu près de 4m.

La limite des vitesses pour la navigation est de 2m à 2m50: au delà, les rivières ne sont plus navigables.

Il est à remarquer que les vitesses qui viennent d'être indiquées sont des *minima*. J'ai supposé, parce que cela s'est présenté durant les dernières crues, que la pente des hautes eaux était la même qu'à l'étiage ; mais cette supposition ne sera pas toujours vérifiée, et dans les crues soudaines, la pente est toujours plus forte qu'à l'étiage, seul état normal qui présente quelque durée sur les rivières.

Du reste, les travaux à faire doivent avoir, entre autres résultats, l'effet de rapprocher le plus possible la pente de la rivière, dans les fortes crues, de la pente des basses eaux.

La conséquence de ces vitesses est qu'il n'y aurait pas 0m60 de mouillage en basses eaux dans la dérivation, avec la section supposée.

Cependant il y aurait lieu à d'autres calculs, si la section était différente : qu'il y eût, par exemple, une cunette de 40m au plafond, avec 1m de mouillage, et que, sur 60m, le mouillage fût réduit à 0m50, les deux rives étant revêtues par des murs droits ; dans ce cas, la vitesse moyenne ne serait plus que de 0m928, et la longueur de la cunette de 2,298m; mais ce n'est pas 1m de mouillage qu'il s'agit d'obtenir.

On peut bien avoir 1m50 de mouillage avec 40m de largeur au plafond ; la vitesse moyenne serait alors très-modérée et seulement de 1m08 ; mais la longueur de la passe devrait être de 3,415m, et, par la dérivation, il n'y a que 2,515m du pont du Val-Benoît au pont de la Boverie.

Je n'ajouterai qu'une réflexion.

On pourrait objecter que, sur quelques rivières, sur le Rhône, le Rhin, la Moselle, sur la Meuse même, il y a des points où la pente est égale à celle de la dérivation projetée, qu'elle est même quelquefois plus forte, et que cependant ces rivières n'en sont pas moins navigables.

A cela je pourrais répondre qu'il ne s'agit pas de créer Liége des difficultés semblables à celles qui se rencontre ailleurs, mais d'assurer à la navigation des facilités au grandes que possible.

Il est une considération plus importante, à laquelle m'arrêterai et qui trouve ici sa place.

Les rivières dont on s'appuie existent, leur pente est co nue et leur vitesse aussi : ce sont des faits. La dérivati n'existe pas encore : les conséquences que l'on en attend so de simples conjectures, de pures hypothèses. On sait bi quelle sera la pente dans les conditions où l'on s'est plac mais l'on ne sait pas quelle sera la vitesse. La pente n' qu'un des éléments de la vitesse d'une rivière, et, si l' on peut obtenir parfois mieux que l'on ne cherche, on s'expose aussi à des résultats plus défavorables que les prévisions.

Cette incertitude est à elle seule un argument suffisant pour inspirer des appréhensions sérieuses, indépendamment de tout calcul.

§ 3. — *Influence de la dérivation sur les inondations de la rive droite.*

Dans la situation présente des lieux, les hautes eaux débordent sur les deux rives en amont du pont de la Boverie; elles forment ainsi un vaste bassin qui, par l'effet de son étendue, amortit la vitesse et prévient les courants : c'est un fait que constatent les observations, notamment celles de Buffon et de Venturi (1). La soudaineté des crues fait néan-

(1) Buffon, parlant des crues et des désastres qu'elles causent : « On pourrait, dit-il, prévenir en partie ces effets de la fureur de l'eau, en faisant, de distance en distance, de petits golfes dans les terres, c'est-à-dire, en enlevant le terrain de l'un des bords jusqu'à une certaine distance dans les terres: et pour que ces petits golfes soient avantageusement placés, il faut les faire dans l'angle obtus des sinuosités du fleuve ; car alors le courant de l'eau se détourne et tournoie, ce qui en diminue la vitessse. » *Théorie de la Terre.*

Venturi a prouvé, par des expériences directes, que, *Dans une rivière de cours permanent, où il y a des sections inegales, l'eau se tient plus haute*

moins que, malgré l'existence de ce bassin, des courants s'établissent dans ses limites, sur les parties basses de la rive droite.

Autrefois il en était autrement. Lorsque la Sauvenière était un bras de la Meuse, les courants se dirigeaient principalement vers la rive gauche, où les eaux avaient un écoulement facile; mais actuellement qu'elles sont arrêtées dans cette direction, elles refluent du quai d'Avroy et des Augustins sur la Boverie. En rétrécissant le bassin dont il est question, en rapprochant la rive gauche de 250^m, distance moyenne, et en la rendant insubmersible, la dérivation produit plusieurs effets.

Elle accroît la vitesse, sans doute; mais cela même est un mal pour les parties inondées, puisque les courants y seront plus forts.

Il y a même ceci de remarquable, que plus ces parties seront élevées, si elles ne sont pas rendues insubmersibles, plus les courants y seront désastreux, parce qu'ils auront la vitesse du courant de surface, et c'est précisément de l'action de ces courants qu'il est nécessaire de préserver les terrains de la rive droite.

qu'elle ne ferait si toute la rivière était rétrécie également, à la mesure de sa plus petite section. Ce principe se déduit de la diminution de dépense dans un tuyau variqueux, substitué à un ajutage cylindrique : la masse fluide qui s'écoule en 109″ par l'ajutage, emploie 147″ pour s'écouler avec une varice, 192″ avec trois varices, et 240″ s'il y en a cinq. C'est encore une conséquence de ce que *Chaque tournoiement détruit une partie de force vive dans le courant de la rivière.* Enfin « Une des causes principales et des plus fréquentes de retardement dans une rivière, vient aussi des tourbillons qui s'y forment sans cesse partout, et dans les dilatations du lit, et dans les creux du fond, et par les inégalités du bord, et par les coudes, et par les courants qui se croisent, et par des filets aqueux de vitesses différentes. Une bonne partie de la vitesse du courant est employée ainsi à rétablir un équilibre de mouvement, qu'elle-même dérange continuellement. » *Recherches expérimentales*, etc.; par J. B. VENTURI.

Il suit de là qu'il ne faut pas chercher à donner une section constante à la rivière : on augmenterait la vitesse. Si l'on semble s'écarter de ce principe dans la construction d'une passe navigable, il ne faut pas oublier que cette passe n'a d'effet que pendant l'étiage, et qu'elle disparaît et s'efface dans les hautes eaux.

D'un autre côté, puisque les ponts forment barrage et que déjà il y a une chute de l'amont à l'aval de chacun d'eux, on ne peut pas admettre que l'écoulement s'y augmente de beaucoup par l'effet de la vitesse d'amont, attendu que les résistances croissent comme les carrés des vitesses.

Il doit donc résulter de la dérivation en projet, que la Boverie aurait doublement à souffrir des hautes eaux : sa situation serait aggravée par une plus grande élévation du niveau des inondations, et par la plus grande rapidité des courants.

III.

TRAVAUX A FAIRE.

---

§ 1er. — *Projet d'amélioration au moyen d'une passe navigable.*

Les travaux à faire sont de plusieurs espèces. Je vais les passer en revue très-succinctement.

1° *Travaux en lit de rivière, procurant à la navigation un passage facile de Fragnée à l'aval du pont des Arches, soit en descente, soit en remonte.* — Une passe navigable de 2,200m, commençant à Fragnée, en aval du pont du Val-Benoît, revenant le long du quai d'Avroy, auprès de la rue Ste.-Véronique, ramenée en courbe vers la rive droite à la hauteur des Augustins, se terminerait d'équerre avec le pont de la Boverie, à 200m en amont (planche II).

L'ancien thalweg a 2,870m ; dans la passe, il en a 2,875.

La largeur de plafond serait de 30m ; la pente, de 0m0005043, la vitesse théorique, de 1m34, et la vitesse réelle inférieure à 1m20.

Par des eaux de 3m50 au-dessus de l'étiage, cette vitesse serait, selon Prony, de 1m95, et d'après Eytelwein, de 1m83.

2° *Établissement d'un chemin de halage sur la rive gauche.* La rectification opérée par la passe, ou plutôt le dressement de la rive en courbe, permet l'établissement d'un chemin de halage à 3m50 au-dessus de l'étiage, depuis le pont du Val-Benoît jusqu'au pont de la Boverie.

Ce chemin serait prolongé en ligne droite du pont de la Boverie vers le port de Cheravoye, par une emprise sur les jardins de l'Université, devenus inutiles depuis l'acquisition d'un nouveau jardin botanique.

Ce dernier travail, en replaçant le cours de la Meuse dans son ancien lit, aurait pour effet d'entretenir une profondeur d'eau suffisante dans le port de Cheravoye, aujourd'hui inabordable, de diriger le courant sur le pont des Arches d'une manière plus avantageuse à la navigation, et de prévenir les attérissements du rivage des tanneurs, que, sans cela, on devra se résigner à draguer périodiquement. De plus, il fournirait d'excellents rivages pour diverses sortes de marchandises, dont on pourrait former des dépôts dans l'ancien jardin botanique. L'intervalle des deux ponts est une fosse que l'on peut élargir sans inconvénient pour la navigation, et sans avoir à craindre qu'elle se remplisse ni par les troubles argileux ni par le gravier (1).

(1) On a proposé d'élargir, en l'approfondissant, cette partie de la Meuse, le long de la rive gauche, *afin de faciliter l'écoulement des eaux au pont de la Boverie.* C'était une grave erreur. Le pont de la Boverie formant barrage en hautes eaux et provoquant une très-forte chute, le creusement, même sous les arches du pont, à quelque profondeur que ce fût, ne rendrait pas le débouché plus facile, et l'élargissement proposé en aval, loin d'accélérer le débit de la rivière, ne pourrait que le ralentir.

Dans les hautes eaux, c'est l'écoulement de surface qui importe : le débouché dépend de la largeur de la section, nullement de sa profondeur. Rien ne peut donc modifier l'écoulement sous un pont une fois établi, à moins qu'on ne lui ajoute des arches.

D'après les expériences de Venturi, l'écoulement des eaux se ferait dans le moins de temps possible, avec le *maximum* de vitesse, si partout la rivière était réduite à sa moindre section ; chaque rivière ayant sa profondeur moyenne et sa largeur moyenne, tous les approfondissements qui dépassent l'une, tous les élargissements qui excèdent l'autre, provoquent des tournoiements et des tourbillons : ce sont donc des causes de ralentissement dans la vitesse, et par conséquent dans l'écoulement des eaux.

3° *Exhaussement de la rive gauche, à une hauteur telle que les abords de la station et la route de Namur soient rendus insubmersibles.*—Ce travail serait effectué depuis Fragnée, non pas en augmentant le relief total du quai d'Avroy, mais en laissant le long des maisons une rue de 8ᵐ de largeur à la hauteur actuelle, et en portant à 5ᵐ au-dessus de l'étiage, sur une largeur de 20ᵐ, le terre-plein de la route et de la promenade.

Quoiqu'il y ait eu à Liége des crues de la Meuse à plus de 6ᵐ au-dessus de l'étiage, il serait inutile d'élever le quai d'Avroy à plus de 5ᵐ, par la raison que la rue de la régence, celle de l'université, et, en général, celles du centre de la ville sont à cette même hauteur. Il n'y a aucun avantage à donner plus de relief aux quais qu'aux rues en aval qui y conduisent.

On peut remarquer que la promenade ne sera jamais embarrassée par le passage des chevaux de halage, pour lesquels un chemin de 5ᵐ de largeur, à 3ᵐ50 au-dessus des basses eaux, sera pratiqué dans le talus péréié de la route.

Le raccordement des deux parties du quai se ferait par un talus légèrement adouci et planté d'arbustes.

4° *Abordages, ports où les marchandises puissent séjourner, et abris pour les bateaux.*—Par le prolongement de la Meuse à travers l'île des Cochons, la rive gauche est ramenée à la pointe de cette île, en sorte qu'il reste, le long de Fragnée, l'emplacement tout creusé d'un bassin de 400ᵐ de long, de 50ᵐ de largeur dans son milieu, et de 25ᵐ aux extrémités.

Il reste de même aux Augustins l'emplacement d'un second bassin, dont la longueur est de 150ᵐ et la largeur moyenne de 35ᵐ.

Ce dernier bassin pourrait être agrandi, si l'on jugeait convenable de s'avancer de 40 à 45ᵐ de plus dans le lit actuel de la Meuse.

Des magasins, des dépôts de marchandises, peuvent aisément s'établir sans encombrement aux Augustins et à Fra-

gnée, surtout à Fragnée, et mieux encore peut-être sur la rive gauche, entre le pont de la Boverie et le port de Cheravoye.

5° *Mise en relation de la Meuse avec le chemin de fer.* — Les deux bassins peuvent être reliés avec la station des Guillemins, par un embranchement dirigé sur chacun d'eux et desservi par des chevaux; des grues placées le long des bassins serviraient aux transbordements des marchandises.

§ 2. — *Ouvrages propres à préserver la Boverie et le quartier d'Outre-Meuse des désastres des inondations.*

Ces ouvrages sont de plusieurs espèces.

D'abord, il doit être bien entendu qu'il ne s'agit pas de préserver des inondations les parties basses de la ville de Liége, ce qui ne serait possible que par l'exhaussement total du sol : il s'agit de les garantir contre les effets destructeurs des hautes eaux.

Cela posé, la première cause, la cause immédiate des inondations de ces deux parties de la ville, et qui subsisterait quand bien même la Meuse n'existerait pas, c'est l'Ourthe, dont les eaux se déversent sur toute la vallée dans ses fortes crues. Les rives, en amont de Chênée et d'Angleur, sont souvent submergées par un débordement qui les recouvre de 0^m80, parfois de 1^m30 et au delà.

6° *Rectification du Forchu-Fossé.*—Le remède aux inondations de la Boverie par les eaux de l'Ourthe se trouve donc dans une rectification du Forchu-Fossé, à partir du moulin des Aguesses; ce n'est pas augmenter les eaux de la Meuse, puisque ce bras de l'Ourthe s'y jette déjà, soit à Fragnée, soit à travers les propriétés de la Boverie : c'est seulement opérer la jonction des diverses eaux de débordement d'une manière régulière et inoffensive.

Le Forchu-Fossé, selon le projet de M. Deschamps, alors ingénieur en chef du département de l'Ourthe, mort récemment inspecteur général des ponts et chaussées, serait

dirigé obliquement des Aguesses vers la Meuse, au droit de l'église de Fétine. Il aurait 40^m de largeur, 800^m de longueur, et les talus en seraient péréiés, afin d'opposer une résistance suffisante à l'action corrosive des eaux, la pente, qui est de 0^m00177, étant la cause des déviations annuelles de ce bras de l'Ourthe.

M. Deschamps, avec raison, regardait ce travail comme indispensable pour assurer la conservation du bras navigable, dont la destruction serait infaillible, s'il s'opérait une rupture aux Hautesses.

M. Lejeune, son prédécesseur, l'avait également proposé.

Je ferai remarquer, au sujet de cette direction demandée instamment en 1835 et en 1836, que les pétitions et rapports de toutes les époques, motivés par les empiétements du Forchu-Fossé, et il y a un très-grand nombre de ces pièces dans les archives de l'hôtel de ville, à Liége, appuient l'urgence des travaux sur ce que ce bras de l'Ourthe a abandonné son ancien lit.

Il n'a perdu sa direction primitive que par la construction du moulin des Aguesses, « usine, dit M. Deschamps, qui a été très-mal à propos autorisée [1]. »

Une commission, nommée le 8 juin 1810 par le conseil communal, a fait, sur le Forchu-Fossé, un rapport très-détaillé, très-précis, qui contient ce passage : « Cette branche avait anciennement son lit derrière les maisons des Aguesses, en longeait les jardins, et tombait obliquement dans la Meuse, presque devant l'église de Fétine, vis-à-vis du quai de Fragnée [2]. »

Dans un rapport du 17 septembre 1810, il est nettement démontré « que les moulins des Aguesses sont l'origine du mal et qu'ils doivent être démolis [3]. »

Une pièce beaucoup plus ancienne, sans date, mais qui

[1] *Archives de l'hôtel de ville, à Liége.*
[2] *Ibid.*
[3] *Ibid.*

semble devoir être du commencement du siècle dernier, énonce également ce fait, que la direction du Forchu-Fossé était des Aguesses à la Meuse ([1]).

Toute dérivation de l'Ourthe dirigée vers le pont d'Amercœur à travers la Boverie présenterait de très-grandes difficultés, eu égard, soit aux usines, soit à la navigation, à cause de la différence de niveau entre le bras navigable et le Forchu-Fossé. « En 1794, les Autrichiens, pour ôter l'activité aux moulins de la ville, brisèrent la digue des Grosses-Battes; toutes les eaux prirent leur cours par le Forchu-Fossé, et le bras de droite fut à sec jusqu'à la reconstruction de la dite digue, qu'on s'empressa de rétablir après leur retraite ([2]). »

La suppression de l'usine des Aguesses permettrait de fermer le pertuis des Grosses-Battes et *rendrait* de l'eau dans le bras navigable.

7° *Endiguement de la Boverie.* — Afin d'empêcher que les eaux du Forchu-Fossé, dont la tendance est vers la rive droite, puissent jamais se déverser sur la Boverie et le quartier d'Outre-Meuse, on établirait un endiguement dont la crête serait à 0m20 au-dessus des plus hautes eaux connues, celles de 1643. Il partirait des Grosses-Battes, suivrait la rive droite du Forchu-Fossé dérivé, puis celle de la Meuse, à 200m de la rive gauche, jusqu'à l'usine Renoz.

On pourrait aisément, sans inconvénient aucun, mettre la crête de la digue à 250m de la rive gauche, si l'on croyait par là se donner plus de sécurité.

Au-dessous de l'usine Renoz, les eaux qui arrivent par le bras navigable de l'Ourthe dispensent de tout endiguement ([3]).

8° *Augmentation du débouché des ponts.* — Pour le libre

([1]) *Archives de l'hôtel de ville, à Liége.*
([2]) *Ibid.*
([3]) « Je pense ainsi que vous et que l'ingénieur en chef, » disait à l'administration communale de Liége, en 1810, M. le baron Micoud, préfet de l'Ourthe, « que la construction d'une digue sur la rive droite du Forchu-Fossé, est propre à conserver et garantir, etc. » *Ibid.*

écoulement de toutes les eaux contenues ainsi dans le lit de la Meuse, où elles passent déjà dans les débordements, mais où elles passeront sans avoir rien ravagé auparavant, il faut augmenter le débouché des ponts, en laissant toujours à la rivière, autant que possible, ses allures naturelles.

Autrefois, et il y a peu d'années encore, les eaux de la Meuse se jetaient sur la droite par la Batte-à-pierre; depuis l'inondation de 1820, par une rare imprévoyance dont les effets sont devenus plus sensibles par la construction du pont de la Boverie, on a exhaussé de 0^{m}60 ce chemin déjà trop élevé. Je propose de l'abaisser à 0^{m}60 au-dessus du niveau d'étiage et de remplacer la chaussée par un pont de 60^{m} d'ouverture.

Cela est d'une urgence évidente ; car, par la construction du pont de la Boverie, le débouché est diminué des 35^{m}20 du pont St.-Nicolas, où les eaux se rendaient par les biefs des moulins d'aval et le Trou du Saucy, et, par l'exhaussement de la Batte-à-pierre, le passage vers les ponts de Londoz et d'Amercœur est entravé.

On pourrait se contenter de l'abaissement de la Batte-à-pierre à 0^{m}60 au-dessus du niveau d'étiage; mais je propose un pont, parce qu'il est probable que, vu la facilité qu'elle y aura, la ville exhaussera plus tard tout le chemin de la Boverie.

Ces 60^{m} ajoutés aux 96^{m} du pont de la Boverie, donnent un débouché de 156^{m}, plus que suffisant pour le libre écoulement des eaux de la Meuse et du Forchu-Fossé réunies.

A l'aval de ces deux ponts, il faut aussi augmenter le débouché du pont de Londoz et celui du pont d'Amercœur, en ajoutant une arche de 20^{m} à chacun d'eux.

Du pont d'Amercœur au Barbou, le lit actuel devrait être élargi; mais il faudrait, je crois, s'abstenir également en ce point de toute dérivation, le cours des eaux paraissant fixé invariablement dans le lit actuel, où sont les moulins Gillet et Bassompierre.

Il y aurait peut-être lieu d'examiner si, par l'élargissement de ce bras, il ne serait pas avantageux, au moyen de deux pertuis, de rétablir la navigation par le pont d'Amercœur, où elle se faisait autrefois exclusivement.

Par la fermeture du bras navigable actuel au-dessus du vieux pont de la Boverie, on augmenterait sensiblement le mouillage dans le bras d'Amercœur, le seul où la navigation soit encore possible en basses eaux.

Mais cette question demanderait à être traitée à part.

Une mesure également nécessaire est l'ouverture de plusieurs passages à travers la chaussée Grétry, non pas pour y établir des courants, mais pour que les eaux d'inondation prennent le même niveau des deux côtés de cette route.

La même mesure devrait être appliquée au nouveau quai de Londoz, qui a été relevé sans précaution dans ces dernières années.

§ 3. — *Canal de la Sauvenière.*

9°. L'écoulement des eaux stagnantes du canal de la Sauvenière deviendra facile par une prise d'eau à l'aval du bassin de Fragnée, conduite aux Augustins par un canal voûté sous le talus du péré du quai d'Avroy.

§ 4. — *Station de voyageurs, entrepôts et hangars.*

10° La station des voyageurs, les entrepôts et les hangars, seraient placés sur la promenade d'Avroy.

La perte d'une partie de cette promenade serait amplement compensée par l'élargissement du quai en amont, porté à 20^{m} entre les talus jusqu'à la Chapelle du Paradis.

IV.

COUT DES TRAVAUX.

Voici le détail estimatif comprenant tous les travaux

1°. Travaux indispensables.

Dérivation de la Meuse avec passe navigable. . 20
Id. du Forchu-Fossé 12
Bassin à Fragnée. 11
Chemin de halage à Fragnée. 4
Railway des Guillemins aux Augustins et à Fragnée 13
Endiguement de la Boverie 7
Dressement des talus de la rive droite 8
Exhaussement et élargissement du quai d'Avroy depuis la chapelle du Paradis jusqu'aux Augustins, avec chemin de halage jusqu'au pont de la Boverie. 36
Déversoir de la Batte-à-pierre. 10
Prise d'eau pour le canal de la Sauvenière. . . 4
Modification à la rive et chemin de halage, de l'aval du pont de la Boverie jusqu'en Cheravoye. 4

2° Travaux utiles sans être indispensables.

Augmentation du débouché du pont de Londoz, au moyen d'une arche de 20^{m} d'ouverture.	25,000	53
Station pour les voyageurs. . . .	150,000	
Entrepôts pour les marchandises.	200,000	
Hangars id.	100,000	
Remblais derrière S^{t}.-Jacques. . .	30,000	
Lisses en bois le long des quais. .	26,000	

A reporter. 1,85

Dépenses éventuelles.

		Francs.
Report.		1,858,000
Achats de terrains.	120,000	402,000
Frais imprévus.	182,000	
Reconstruction du pont d'Amercœur	100,000	
	Total. . .	2,260,000

V.

CONCLUSION.

Si je n'ai pas fait entrer dans ce projet des travaux qui me paraissent se rapporter à un bon entretien et que peut prévenir une police sévère, sans laquelle les meilleures dispositions ne sauraient avoir que des effets d'une très-courte durée, j'ai cependant tâché de satisfaire à tous les besoins de la ville de Liége en ce qui concerne la Meuse et l'Ourthe, et j'ai même ajouté, au détail estimatif, des ouvrages et des dépenses que je ne crois pas nécessaires; je me suis appliqué à ménager les intérêts actuels, ne croyant pas pouvoir en créer de nouveaux à leurs dépens; j'ai établi une distinction entre les travaux seulement utiles et ceux que je regarde comme indispensables; les uns et les autres peuvent néanmoins être exécutés, et, ce qui me paraît digne d'attention, ils peuvent l'être successivement, sans que l'exécution des uns entraîne, par une nécessité absolue, celle des ouvrages qui auront été différés, encore moins l'obligation de les faire tous à la fois.

Voici l'ordre dans lequel ils me semblent devoir être exé-

cutés, quel que soit l'intervalle que l'on juge convenable mettre entre les diverses parties du travail.

		Francs.
1° Dérivation du Forchu-Fossé. .	120,000	
Endiguement de la Boverie	78,000	
Exhaussement et élargissement du quai d'Avroy	366,000	710,0
Déversoir de la Batte-à-pierre. . .	106,000	
Prise d'eau pour le canal de la Sauvenière	40,000	
2° Passe navigable.	200,000	
Chemin de halage et bassin, à Fragnée	155,000	
Railway des Guillemins aux Augustins et à Fragnée	138,000	617,0
Dressement des talus de la rive droite.	80,000	
Modification à la rive et chemin de halage, du pont de la Boverie en Cheravoye	44,000	
3° Augmentation du débouché du pont de Londoz.	25,000	
Station pour les voyageurs. . . .	150,000	
Entrepôts pour les marchandises .	200,000	531,0
Hangars	100,000	
Lisses en bois le long des quais . .	26,000	
4° Reconstruction du pont d'Amercœur		100,0

Jemeppe, ce 31 mai 1844.

H. G.

MACHINES A VAPEUR.

CAUSES D'EXPLOSION DES MACHINES A VAPEUR ;

PAR M. J. DU PRÉ,

INGÉNIEUR AU CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES.

INTRODUCTION.

Quoique les machines à vapeur ne soient en usage que depuis un peu plus d'un siècle (1), les écrits d'Aristote et de Sénèque le philosophe démontrent que les Grecs et les Romains avaient des notions exactes sur l'énorme puissance de la vapeur. Ces deux auteurs attribuaient l'un des phénomènes naturels les plus terribles, les tremblements de terre, à la formation de vapeurs dans le sein de la terre, par l'action d'un foyer souterrain (2).

Lorsque l'on voulut se servir de cette force que les anciens avaient jugée capable d'ébranler les montagnes, on s'aperçut bien vite des dangers que présentait son emploi. En effet, le plus puissant agent dont l'homme puisse disposer et qui actuellement lui rend tant de services, ne peut être maîtrisé qu'au moyen de certaines précautions, et malheureusement, malgré les efforts des savants et des ingénieurs, il arrive trop souvent que de terribles accidents viennent jeter

(1) La première machine à vapeur exécutée en grand, date de 1699. L'usage de ces appareils ne se répandit que longtemps après. — Notice de M. Arago, insérée dans l'Annuaire du bureau des longitudes de l'année 1837, page 260.

(2) Sénèque le philosophe. — § XI, livre VI, *des questions naturelles*.

l'épouvante et la mort dans les établissements et sur les voies de communication où les machines à vapeur sont employées.

Disons cependant que, grâce à de sages mesures et à une surveillance active de l'administration supérieure, le nombre de ces accidents, depuis quelques années, a toujours suivi une progression décroissante.

Un examen attentif des explosions de machines à vapeur qui nous sont connues, et des circonstances qui les ont accompagnées, démontre que ce serait à tort que l'on voudrait les faire dépendre toutes d'une cause unique, et appliquer à toutes une seule explication qui en rendrait un compte exact.

Il n'en est point ainsi : différentes circonstances, différentes causes concourent soit simultanément, soit séparément à produire ces terribles accidents. Quelques-unes semblent se présenter plus fréquemment que les autres, mais il n'en est pas moins vrai que l'on ne pourrait, sans commettre de graves erreurs, vouloir expliquer de la même manière toutes les explosions.

Une recherche aussi intéressante que celle des causes d'explosion, devait nécessairement exciter la sollicitude des savants ; il en a été effectivement ainsi, et il existe un grand nombre d'ouvrages qui traitent de cette matière. Des faits nouveaux ont été découverts, des théories rationnelles ont jeté une vive lumière sur la question qui nous occupe ; mais à côté d'hypothèses en harmonie avec nos connaissances réelles, se sont élevées les hypothèses les plus bizarres et les plus divergentes.

Devant exposer dans ce mémoire et discuter les différentes causes d'explosion des machines à vapeur, on comprendra que ce sujet ayant été souvent traité, si ce n'est complètement, au moins partiellement, il nous serait impossible de ne point tomber dans des redites. Il existe des sources auxquelles nous devons nécessairement avoir recours, et les beaux travaux de MM. Arago, Dulong, Péclet, Clé-

ment-Désormes, Tredgold, Séguier, Christian, Combes, Galy-Cazalat, des membres de l'Institut Franklin, de MM. Marestier, etc., nous fourniront de précieux renseignements sur certaines causes d'explosion. Chaque fois que nous pourrons appuyer nos considérations des opinions de ces savants, nous ne manquerons pas de le faire, la haute position qu'ils occupent dans les sciences donnant à leurs paroles une véritable autorité.

Toutefois nous avons cru devoir nous écarter, à de rares intervalles, il est vrai, des opinions de quelques savants des plus distingués, relativement à certains phénomènes, notamment en ce qui concerne la théorie de M. Marestier.

Mais si les idées que nous exposerons ne sont pas *généralement* reçues, nous démontrerons au moins que les conséquences qui résultent de notre manière de voir sont admises par le plus grand nombre des auteurs qui ont écrit sur cette matière, et que même nos adversaires n'ont pu les rejeter complétement.

I.

DES CHAUDIÈRES EN GÉNÉRAL ET DES APPAREILS DE SURETÉ.

Les chaudières des machines à vapeur sont construites en fer forgé, en fonte ou en cuivre; elles sont à basse ou à haute pression, suivant que la force élastique de la vapeur est inférieure ou supérieure à deux atmosphères [1].

Elles affectent différentes formes : les unes sont cylindriques, à extrémités hémisphériques, et reçoivent l'action du foyer à leur partie inférieure; d'autres ne sont point entièrement cylindriques et présentent des surfaces planes; d'autres ont leur partie inférieure concave, afin de permettre à

[1] C'est ainsi que, dans la circulaire d'envoi aux préfets des nouvelles ordonnances françaises sur la police des machines à vapeur, M. Teste, ministre des travaux publics, a classé les chaudières.

la flamme du foyer de pénétrer extérieurement dans la chaudière ; d'autres enfin, telles que celles des locomotives, sont à foyer intérieur , et des tubes qui les traversent , par lesquels la flamme et la fumée doivent passer, contribuent à augmenter l'action du feu , etc. , etc.

Des dispositions particulières sont appliquées surtout aux chaudières qui fonctionnent à bord des bateaux à vapeur, à cause du peu d'emplacement dont on peut disposer.

Nous devons renvoyer, pour plus de détails , aux traités spéciaux qui se rapportent aux chaudières.

Disons toutefois que l'usage de la fonte et du cuivre est maintenant très-restreint , et que le fer forgé est presque uniquement employé.

Quelle que soit la forme des chaudières , les appareils de sûreté ordinairement employés consistent en soupapes de sûreté, en manomètres à air libre ou à air comprimé, et en indicateurs du niveau de l'eau. La nécessité de l'emploi de ces appareils est universellement reconnue dans tous les pays où l'on fait usage de machines à vapeur.

En Belgique et en France , les lois ordonnent l'usage de ces appareils , et, il y a quelques années, l'on prescrivait en outre , mais en France seulement , l'emploi de rondelles fusibles , adaptées aux chaudières et se liquéfiant à une température correspondante à une tension de la vapeur un peu plus forte que celle à laquelle les chaudières pouvaient fonctionner [1]. Mais l'usage de ces rondelles n'est plus prescrit actuellement, attendu que l'on a reconnu qu'elles ne présentaient aucune garantie de sécurité , la température de fusion étant très-difficile à déterminer exactement, et des altérations dans l'alliage métallique dont elles étaient formées se manifestant lorsqu'elles avaient subi pendant quelque temps l'action d'une température élevée , et ne permettant plus d'y avoir confiance.

[1] Ces rondelles étaient formées d'un alliage de bismuth, de plomb et d'étain.

II.

DES CAUSES D'EXPLOSION EN GÉNÉRAL.

Si l'on compulse les écrits les plus remarquables qui traitent des explosions, on reconnaît que leurs auteurs s'accordent généralement à les attribuer aux différentes causes que nous allons énumérer :

1° Défauts de construction dans les chaudières, provenant de l'emploi de matériaux défectueux, de mauvaises dispositions ou de mal-façons ;

2° Non ouverture des soupapes, occasionnée soit accidentellement, soit par la surcharge de ces soupapes ;

3° Action des eaux d'alimentation corrosives, provoquant l'usure et la détérioration des parois;

4° Formation de dépôts et d'incrustations sur les parois, notamment dans la partie inférieure des chaudières ;

5° Inflammation de mélanges explosifs dans les carneaux;

6° Abaissement du niveau de l'eau au-dessous de la partie supérieure de la surface de chauffe ;

7° Ignorance et négligence des préposés à la surveillance des chaudières.

Nous rendrons compte séparément de chacune de ces causes, et nous citerons à l'appui de chacune d'elles un ou plusieurs exemples d'explosions qui s'y rapportent.

Nous rendrons compte aussi des explications, proposées par MM. Perkins, Marestier, Boutigny, d'Evreux, Galy-Cazalat, Jacquemet de Bordeaux, Jobard, Pouillet et Gensoul, explications qui font dépendre les explosions de circonstances trop longues à énumérer dans ce chapitre, et qui nécessitent des développements tout particuliers.

III.

DES EXPLOSIONS PROVENANT DE DÉFAUTS DE CONSTRUCTION DANS LES CHAUDIÈRES.

Emploi de matériaux défectueux.

On ne peut mettre en doute l'effet funeste de l'emploi de mauvais matériaux, dans la construction d'appareils destinés à supporter une tension continue. Nous nous bornerons donc à rapporter que l'explosion de la chaudière de la machine à vapeur du sieur Jacques Robillard, d'Arras, rapportée dans le tome XX des Annales des mines de France, a été attribuée avec raison, par la commission centrale des machines à vapeur de Paris, à l'emploi de matériaux défectueux.

En effet, le fer qui composait la partie inférieure de la chaudière présentait une texture cristaline, et l'épaisseur de la tôle, au lieu d'être de 0m00628, ce qui était nécessaire pour qu'elle pût résister au *maximum* de tension qu'elle devait supporter, ne présentait que 0m00425 d'épaisseur.

Nous n'insisterons pas sur la nécessité d'employer de bons matériaux dans la construction des chaudières, le simple bon sens indiquant combien il est dangereux de s'écarter de cette prescription.

Défauts de construction.

Les matériaux dont une chaudière est composée peuvent être de bonne qualité, mais employés d'une manière désavantageuse et avec peu de discernement.

On doit considérer comme un défaut des plus graves l'emploi de feuilles de tôle d'une trop minime épaisseur, ce défaut pouvant entraîner l'explosion à une faible tension intérieure, puisqu'il constitue une véritable insuffisance de force.

Un autre défaut qui occasionne aussi la destruction des appareils, est celui qui consiste dans l'emploi de surfaces planes, non fortifiées par des tirants ou des armatures. On sait que la pression produite par la tension de la vapeur sur les surfaces planes des chaudières a une forte action, qui ne peut être comparée à celle que supportent les surfaces cylindriques, ces dernières se trouvant dans les circonstances les plus favorables pour résister à l'effet des pressions.

L'emploi d'un grand nombre de joints, une disposition très-compliquée de la chaudière, et surtout un mode de construction dans lequel on fait subir à la tôle des flexions à angle droit qui occasionnent toujours des gerçures dans le fer, sont autant de défauts qui entrainent tôt ou tard l'explosion des appareils, ou au moins leur prompte mise hors d'usage.

Il a été reconnu de la manière la plus évidente, que l'explosion du bateau à vapeur le Citis, qui a eu lieu, en 1841, à Chalons-sur-Saône, a été occasionnée par le *manque* d'armatures pour fortifier les fonds *plats* de la chaudière ; et l'explosion du bateau à vapeur la Bretagne, en 1841, à Nantes, a été attribuée avec raison à la *faiblesse* des armatures destinées à fortifier des fonds semblables, ainsi qu'au défaut de résistance de joints mastiqués ([1]).

On comprend que les défauts de construction qui peuvent occasionner les explosions ne peuvent être tous indiqués ; il nous suffit d'avoir signalé les principaux. Nous devons dire toutefois que les épreuves exigées en Belgique les font ordinairement reconnaitre, lorsqu'elles sont faites avec tout le soin convenable.

Quelques praticiens attachent une si grande importance à la bonne construction des chaudières, qu'ils ont été jusqu'à prétendre qu'on ne pourrait faire éclater une chaudière formée d'excellents matériaux et rivée, attendu que lorsque

([1]) Annales des mines de France. Tome XX. Année 1841. 4e livraison.

la pression augmentera, l'eau s'échappera en brouillard par la matture désunie, et par les trous des rivures qui s'élargiront par l'effet de l'allongement des parois de la chaudière.

Il n'est pas besoin de faire voir combien cette idée est paradoxale, et qu'il serait impossible de produire un effet semblable dans la pratique, attendu que l'on ne peut avoir d'appareils aussi *parfaits*, et qu'il suffira toujours, dans le cas d'une forte pression, d'une faible différence de résistance dans une partie de la chaudière pour amener l'explosion. Or, des différences de température dans les parties des parois des chaudières entraînent des différences de résistance, puisque l'on sait qu'à mesure que le métal s'échauffe, il perd de sa ténacité, et l'on doit admettre que les parois d'une chaudière soumise à l'action d'un feu ardent n'ont jamais, sur toute leur étendue, une température égale.

On a prétendu aussi, mais sans plus de fondement, qu'un accroissement graduel de pression dans une chaudière ne pouvait occasionner une véritable explosion, mais seulement des déchirures par lesquelles s'échapperaient l'eau et la vapeur, sans les circonstances qui accompagnent ordinairement les explosions. Cette opinion est complétement erronée; des expériences directes faites à Philadelphie par les membres de l'Institut Franklin le démontrent. En effet, ce corps savant a fait éclater des chaudières en fer et en cuivre, en faisant accroître graduellement la pression, et lors de ces expériences, toutes les circonstances ordinaires des explosions, le bruit, la projection des matériaux qui composaient la chaudière, etc., etc., ont été reproduites.

On ne comprendrait même pas que l'on eût pu émettre des doutes sur ce fait si simple et si rationnel, si l'on ne savait pas, par expérience, combien les esprits sont généralement portés à admettre les idées paradoxales, et combien on a négligé l'étude des causes les plus simples des explosions, pour s'appliquer à en chercher de compliquées, bien moins vraisemblables que les premières.

Il est à remarquer, à l'appui des expériences de l'Institut Franklin, que la compression de l'air et des gaz peut produire l'explosion des vases qui les renferment, même l'explosion dite *foudroyante ou fulminante*. Ce fait remarqué d'ailleurs par plusieurs savants, a été constaté dans le rapport de M. Dumas à l'Académie des sciences, dans la séance du 4 janvier 1841, sur l'explosion de l'appareil de M. Thilorier, destiné à liquéfier et congeler l'acide carbonique.

La pression produite dans cet appareil s'élevait au moins à 150 atmosphères, lorsque le récipient s'est brisé, en produisant, dit M. Dumas, *une explosion épouvantable comme une chaudière à vapeur qui éclate.*

Dans cet appareil, l'énorme pression qui a occasionné l'explosion avait été produite *graduellement* (¹).

IV.

NON OUVERTURE DES SOUPAPES DE SURETÉ, SOIT PAR SUITE DE LA SURCHARGE DE CES SOUPAPES, SOIT ACCIDENTELLEMENT.

Les soupapes de sûreté ont pour but d'empêcher que la vapeur contenue dans les chaudières sur lesquelles elles sont appliquées, ne puisse dépasser une certaine tension déterminée. Elles sont composées d'une plaque conique ou cylindrique,

(¹) L'appareil en *fonte* qui a fait explosion lors de ce déplorable événement, avait déjà été éprouvé et mis en usage un grand nombre de fois et semblait en parfait état. On a attribué, avec raison, sa rupture aux modifications que la fonte subit dans sa texture, soit par un usage prolongé, soit peut-être par l'effet du temps seulement, modifications qui lui enlèvent toute sa force et la rendent brusquement cassante. C'est là un fait bien connu et bien admis par les officiers d'artillerie, que des canons *en fonte*, après avoir été soumis à des épreuves à outrance et après avoir servi pendant longtemps sans présenter la moindre altération, éclatent sous une faible charge, lorsque l'on croit avoir acquis toutes les garanties de sécurité. Cette observation sur la fonte, bien constatée maintenant et rapportée dans un grand nombre d'ouvrages concernant l'artillerie, doit engager encore plus à abandonner totalement l'emploi des chaudières en fonte.

chargée de poids au moyen d'un levier du 2e genre, et appliquée sur un orifice percé à la surface supérieure des chaudières.

Denis Papin est l'inventeur de cet instrument simple et ingénieux, qui a rendu et qui rend tous les jours de si grands services.

On comprend en effet que l'on puisse calculer et la surface de l'ouverture à pratiquer dans la partie supérieure de la chaudière, et le poids à placer à l'extrémité du levier, de manière que cette soupape se soulève sous l'effort d'une certaine tension de la vapeur, soulèvement procurant immédiatement à la vapeur un écoulement qui l'empêche de s'accumuler dans la chaudière, et qui empêche ainsi sa tension d'augmenter.

Malheureusement cet instrument si simple et si facile est quelquefois annihilé par l'imprudence, l'incurie et la négligence des préposés à la surveillance des chaudières.

Il n'arrive que trop souvent que pour augmenter la force d'une machine à vapeur, on charge les soupapes de poids supplémentaires au poids normal, en même temps que l'on pousse le feu; or, ces deux circonstances réunies rendent l'explosion de la chaudière imminente, puisque c'est précisément au moment où l'on augmente la production de vapeur que l'on rend les soupapes complétement inutiles. Il arrive aussi que des ouvriers peu soigneux ne prennent aucune précaution pour empêcher l'oxydation des soupapes, et les laissent abandonnées à elles-mêmes sans les soulever, pendant longtemps : alors leur adhérence devient telle qu'elles sont rendues complétement inutiles.

Nous devons rappeler qu'un des plus grands et des plus habiles constructeurs de machines de l'Angleterre, M. Maudslay, disait qu'une soupape qui n'a pas été soulevée pendant huit jours, ne peut plus être considérée comme un appareil de sûreté.

L'auteur de ce mémoire a vu lui-même une soupape dont

l'adhérence à la chaudière, par suite de l'oxydation et par suite de la formation d'incrustations, était telle, qu'il a fallu employer l'instrument nommé *clef anglaise* et faire de grands efforts pour l'enlever de son siége.

Les expériences de l'Institut Franklin rapportées dans le chapitre précédent, et dans lesquelles on a fait éclater des chaudières par un accroissement graduel de pression, ne laissent aucun doute sur l'inutilité de charger ces soupapes et sur le danger de les surcharger, ou de les laisser adhérer à leur siège en négligeant de les soulever fréquemment. On doit donc admettre parmi les causes d'explosion la non ouverture des soupapes, soit qu'elle résulte d'une surcharge ou qu'elle soit accidentelle.

Différentes explosions bien connues ont été occasionnées par la première de ces circonstances. M. Arago les rapporte dans une notice insérée dans l'Annuaire du bureau des longitudes de l'année 1830, et nous en citerons succinctement quelques-unes :

1° Lorsque la chaudière qui fonctionnait dans la raffinerie de sucre de Wellclose-Square, à Londres, fit explosion, il fut constaté qu'un agent du constructeur, afin d'augmenter la puissance de la machine, avait chargé la soupape de sûreté d'un poids énorme, tout en poussant le feu autant que possible;

2° A Norwich, la chaudière d'un bateau à vapeur éclata par suite de l'imprudence d'un ouvrier, qui se plaça sur la soupape afin de montrer à ses camarades le balancement que produirait la vapeur lorsque sa tension serait assez forte pour le soulever.

La soupape chargée d'un poids aussi considérable ne s'ouvrit point, et la chaudière fit explosion.

Cet accident fut rapporté, en 1817, à la chambre des communes, par M. William Chapman, ingénieur civil à New-Castle.

Nous pourrions encore citer plusieurs exemples d'explosions produites par la surcharge des soupapes; mais ceux qui précèdent suffisent pour faire admettre cette cause d'explosion.

Les lois belges et françaises règlent les dimensions des diamètres des soupapes et les poids dont elles doivent être chargées, suivant la tension *maxima* de la vapeur dans les chaudières. L'une de ces soupapes, par une disposition qu'on ne peut assez louer, est mise à l'abri de l'imprudence et de l'ignorance des ouvriers, et il leur est impossible de la charger d'un poids plus fort que celui déterminé, quoiqu'elle soit établie de manière qu'ils puissent la soulever fréquemment.

Des tables des ouvertures à donner aux soupapes sont annexées aux lois belges et françaises ; ces tables ont été faites, pour les différentes circonstances qui se présentent, par M. l'ingénieur en chef directeur des mines Tremery, et présentent par conséquent toutes les garanties possibles.

M. Tremery a rapporté dans le tome XX des Annales des mines de France, année 1841, la série d'expériences délicates et de calculs ingénieux qui l'on conduit aux résultats présentés dans les tables.

Il est certain que les précautions exigées par les lois doivent nécessairement rendre fort avantageux l'effet des soupapes, surtout lorsqu'elles sont surveillées par un chauffeur soigneux et intelligent. Nous devons malheureusement constater qu'elles sont quelquefois inefficaces, soit dans le cas d'une production instantanée et considérable de vapeur, soit parce que des circonstances particulières produisent des affaiblissements de résistance dans les chaudières, ce qui donne lieu à d'autres causes d'explosion que nous examinerons successivement ci-dessous.

Il est inutile de faire remarquer que de mauvaises dispositions des soupapes, ou une trop faible ouverture, peuvent rendre ces appareils inutiles, nuisibles même, puisque l'on y attache une idée de sécurité qui, dans ces cas, n'existerait réellement plus. Ce sont là de véritables défauts de construction, qui rentrent dans la catégorie de ceux désignés au chapitre précédent.

V.

ACTION DES EAUX CORROSIVES EMPLOYÉES POUR L'ALIMENTATION DES CHAUDIÈRES.

Nous avons dit dans le chapitre précédent que des circonstances particulières produisent des affaiblissements de résistance dans les chaudières : parmi ces circonstances, nous devons surtout signaler l'emploi des eaux corrosives pour l'alimentation. Ces eaux attaquent le fer, le corrodent, diminuent ainsi l'épaisseur des parois des chaudières, et par conséquent leur résistance, et les amènent insensiblement à un état de faiblesse et de détérioration qui occassionne l'explosion.

On rencontre le plus généralement les eaux d'alimentation corrosives dans les mines et carrières, et leur effet est quelquefois tellement prompt, qu'en quelques années une chaudière peut être complétement mise hors d'usage.

Les nombreuses recherches qui ont été faites sur ces eaux, ont constaté qu'elles contiennent le plus souvent des sels d'alumine, de fer, de chaux, de magnésie, de potasse, de soude, ammoniacaux, etc., etc.

Les analyses chimiques ont démontré que c'est surtout à la présence des sulfates d'alumine et de peroxyde de fer que l'altération des chaudières est due. D'après M. Le Chatelier [1], ces sulfates se décomposent en présence du fer, sous l'action de la température élevée des chaudières, et les oxydes qui résultent de leur décomposition se précipitent, tandis que l'acide sulfurique dégagé, agissant sur le fer des chaudières, produit un sulfate de protoxyde de fer, en donnant lieu à un dégagement d'hydrogène. Le métal est donc altéré, et la chaudière en perd une quantité équivalente à celle des sul-

[1] Mémoire sur l'emploi des eaux corrosives pour l'alimentation des chaudières à vapeur; par M. Lechâtelier, ingénieur des mines. — Annales des mines de France, année 1841, 6e livraison.

fates de peroxyde de fer et d'alumine contenus dans l'eau, et proportionnelle à la quantité d'eau consommée.

Pour s'assurer des effets nuisibles d'une petite quantité de ces sels, on doit remarquer que, les circonstances indiquées ci-dessus étant d'ailleurs admises, l'eau d'alimentation, surtout quand elle est froide, contient toujours une certaine quantité d'air qui se dégage dans la chaudière, et dont l'oxygène se porte sur le sulfate de protoxyde de fer, et transforme le protoxyde en peroxyde, qui ne peut rester à l'état de sulfate en présence du fer métallique; il y a donc une nouvelle décomposition, le protoxyde de fer se précipite et l'acide sulfurique dégagé dissout une nouvelle quantité du métal de la chaudière. On comprend donc qu'il suffise d'une petite quantité de sulfate de peroxyde de fer ou d'alumine pour occasionner des détériorations importantes aux chaudières (1).

L'eau de mer employée dans les chaudières des bateaux à

(1) Sur le magistral employé pour traiter le minerai d'argent d'Huelgoelth. Analyses de substances minérales. — Travaux de 1837, par M. Berthier, page 289.—Dans ce mémoire, M. Berthier ne laisse aucun doute sur la réaction opérée par le sulfate d'alumine, dont nous venons de parler.

M. Lechâtelier dit avoir observé cet effet dans des chaudières dont l'eau se trouvait à la température de 128° C, *au moins*. Il se peut qu'il se manifeste sous l'influence de cette haute température, mais il est certain qu'il n'a pas lieu aussi complétement, dans les mêmes circonstances, à une température de moins de 100°. C'est ce que Berzélius a reconnu (Traité de chimie, 1839. — 2e volume, page 100 : Sels à base d'oxyde ferrique), en disant que si l'on fait digérer une dissolution de sulfate ferrique (sulfate de peroxyde de fer) avec de la limaille de fer, le sel ne se transforme *qu'en partie* en sel ferreux (protoxyde de fer), avec dégagement de gaz hydrogène et précipitation d'un sous-sel ferrique. Nous avons fait cette opération en portant la température à 100° C, et nos résultats, comme nous devions nous y attendre, ont été conformes à ceux annoncés par le savant chimiste que nous venons de citer.

Toutefois l'influence de la haute température (128° C) exercée pendant assez longtemps, est peut-être assez forte pour produire l'effet que M. Lechâtelier croit avoir remarqué.

Quoi qu'il en soit, il n'en est pas moins vrai que la présence du sulfate ferrique dans l'eau d'alimentation est funeste aux chaudières, puisque, dans tous les cas, il y a toujours formation d'un nouveau sel aux dépens du métal.

vapeur a aussi une action chimique très-fâcheuse sur les parois. D'après M. Faraday [1], elle est due principalement au muriate de magnésie, ce sel se décomposant dans la chaudière, et l'acide muriatique dégagé en partie agissant sur le fer. La plupart des chimistes partagent cette opinion très-rationnelle, et attribuent de même cette action au chlorure de magnésium.

Sans considérer quels sont les sels dont la présence rend surtout corrosives les eaux d'alimentation, nous devons admettre en principe que l'action de ces eaux doit être désastreuse, puisqu'elle tend constamment à diminuer la résistance des chaudières.

Cette action ne s'exerce pas également sur toute la surface des parois, mais seulement sur les parties baignées par l'eau; les parties supérieures des chaudières en souffrent peu, et quelquefois pas du tout. On emploie différents moyens pour neutraliser l'action de ces eaux, et, à bord d'un grand nombre de bateaux à vapeur, on alimente les chaudières avec de l'eau distillée, en se servant du condensateur de Hall ou de celui de Baisley [2]. Mais nous ne pouvons nous étendre sur cet objet, qui sort du cadre que nous nous sommes imposé.

On doit donc admettre parmi les causes d'explosion, l'action destructive des eaux d'alimentation corrosives ou acidulées, et l'on comprend qu'il peut arriver que les parois d'une chaudière, amincies par cette altération incessante, soient amenées à un état de faiblesse telle, que l'explosion ait lieu à une pression moindre que celle à laquelle les soupapes doivent fonctionner.

Disons cependant que, dans le cas dont il s'agit, il arrive plus fréquemment des fuites et des déchirures que des explosions. Toutefois plusieurs exemples d'explosion provenant de l'emploi d'eau corrosive pour l'alimentation, sont connus,

[1] Mémoire sur les bateaux à vapeur d'Amérique; par M. Marestier.—Notes.

[2] Les machines de la Britisch-Queen sont munies du condensateur de Hall.

entre autres celui d'une chaudière placée pour l'exploitation d'une carrière d'ardoises de la commune d'Avrillé, près d'Angers, rapportée par M. Combes, et attribuée par ce savant ingénieur, ainsi que par la commission centrale des machines à vapeur de Paris, *à l'amincissement progressif de la tôle dû à l'action des eaux corrosives et à la diminution de ténacité qui en a été la conséquence* (1).

VI.

FORMATION DE DÉPÔTS ET D'INCRUSTATIONS SUR LES PAROIS DE LA CHAUDIÈRE, NOTAMMENT DANS LES PARTIES INFÉRIEURES.

Les eaux chargées de sels dont on se sert fréquemment pour l'alimentation des chaudières, n'ont pas seulement une action corrosive, mais encore elle forment des dépôts et des incrustations qui adhèrent aux parois des chaudières, les tapissent et entraînent de graves inconvénients et de véritables dangers.

Les eaux qui forment ces dépôts et ces incrustations ne sont pas toujours corrosives; celles-ci ne se rencontrent ordinairement que dans les mines et carrières.

Les dépôts formés par les eaux d'alimentation garnissant la partie inférieure des chaudières d'une couche pierreuse peu conductrice de la chaleur, il en résulte que, pour produire la même quantité de vapeur qu'en circonstances ordinaires, il faut un feu beaucoup plus violent.

La substance, peu conductrice de la chaleur qui intérieurement garnit la paroi inférieure de la chaudière, empêchant son contact avec l'eau qui enlevait constamment la chaleur produite par le foyer pour former la vapeur, permet donc à la chaudière de prendre une température très-élevée, et

(1) Annales des mines de France, tome XX, année 1841, 4me livraison, page 130.

même de rougir. Or, dans cette circonstance qui ne peut manquer de se présenter, il peut arriver qu'une partie de la couche de sédiment se rompe brusquement, ou que la couche de dépôts se soulève, et que l'eau qui se trouvera à une température bien inférieure à celle du métal, se répande sur les parois inférieures, et produise un prompt refroidissement, ce qui occasionne toujours un fâcheux effet, et peut provoquer la rupture de ces parois.

Sans supposer même le soulèvement du dépôt ou la rupture de l'incrustation, on se persuadera facilement de l'influence que peut avoir une couche peu conductrice de la chaleur garnissant les parois de la chaudière, en remarquant seulement qu'elle permet au métal de rougir ; or, l'on sait que le fer soumis à l'action d'un foyer ardent et porté au rouge pendant quelque temps, ne tarde pas à s'écailler, à subir les altérations les plus graves, et perd considérablement de sa force.

Toute circonstance qui peut amener la rupture d'une chaudière doit être comprise dans les causes d'explosion; on doit donc admettre, parmi ces causes, la formation de dépôts et d'incrustations dans les chaudières, puisqu'elle peut, de deux manières différentes, entraîner la destruction des chaudières.

Du reste, nous devons constater que l'effet des dépôts, de même que l'action des eaux corrosives, sera le plus souvent de produire des fuites ou de simples déchirures, et de mettre les chaudières hors d'usage, en permettant au métal de se *brûler*. Toutefois, quand la détérioration du métal est grande et que les déchirures ont quelque importance, l'explosion est imminente.

Il est facile, par des soins assidus, quelquefois par le mélange de certaines substances avec l'eau d'alimentation, d'empêcher, au moins en partie, la formation des dépôts et des incrustations ; mais le plus simple de tous ces moyens et celui qui présente le plus de sécurité, est le nettoyement fréquent des chaudières, cette opération ayant pour effet,

en même temps, de faire connaître les détériorations qui pourraient avoir lieu par d'autres causes que celles qui résultent de la formation des dépôts.

M. Galy-Cazalat, dans son mémoire sur les bateaux à vapeur (¹), attribue le lancement en l'air de certaines chaudières complétement fermées, contenant des dépôts ou incrustations, au choc produit par une partie de ces dépôts subitement détachée de la paroi inférieure, et violemment projetée contre la paroi supérieure.

Voici comment il s'exprime, après avoir supposé que le fer est rouge, et que la couche de sédiment dont la dilatation est plus faible que celle du fer, se détache :

« Si, pour cette raison ou pour toute autre cause, une « portion de croûte d'une certaine étendue cesse d'être ad- « hérente au fer, aussitôt l'eau pressée par la vapeur se « glisse entre les deux. Au même instant, elle se vaporise à « une température considérable, par le contact du métal et « du sel, qui sont frappés l'un et l'autre par la vapeur résul- « tante, comme le sont par l'inflammation de la poudre, le « boulet et la culasse d'un canon. Cependant les impulsions « successives de la vapeur sur le fond de la chaudière ayant « été détruites par le sol, au moment où la croûte solide « atteint le dôme de la chaudière avec la somme des vitesses « dues aux mêmes impulsions, il doit en résulter une im- « mense force de soulèvement, capable de lancer la chaudière « dans l'atmosphère. »

Avant de démontrer en peu de mots combien cette explication est invraisemblable, et contraire aux lois les plus simples et les plus évidentes de la mécanique, faisons connaître que M. Galy-Cazalat a été entraîné par les résultats d'une expérience qu'il a faite, à croire que les chaudières complétement fermées peuvent être soulevées par l'effet des soubresauts des dépôts.

(¹) Paris, librairie d'Augustin Mathias, quai Malaquais, 1837. Page 115.

Comme l'a fort bien remarqué M. Péclet [1], cette opinion est contraire à un principe de mécanique bien incontestable et passé à l'état d'axiome, l'égalité entre l'action et la réaction. On ne peut donc avoir aucune confiance dans une expérience, rapportée par M. Galy-Cazalat, qui tendrait à démontrer le contraire, et qui certainement a été mal faite.

On pourrait croire que, dans le cas de l'ouverture d'une soupape et de l'ébullition tumultueuse qui en est la conséquence, suivie de la rupture immédiate de la croûte séléniteuse, une portion de cette croûte pourrait être lancée contre la paroi supérieure de la chaudière et occasionner ainsi quelques détériorations ; mais cette hypothèse, présentée dans quelques ouvrages, paraît peu probable, attendu que l'on sait positivement que la croûte séléniteuse se soulève par écailles, dont l'effet, en raison de leur peu de surface et de leur peu de poids, serait très-insignifiant.

En résumé, le danger qu'entraîne pour les chaudières la formation des dépôts et des incrustations, consiste principalement en ce que cette formation leur permet de rougir, et que, dans ces circonstances, le métal, outre qu'il s'altère très-promptement, perd, comme nous le verrons plus tard, les cinq sixièmes de sa ténacité.

VII.

FORMATION DE MÉLANGES EXPLOSIFS DANS LES CARNEAUX.

La cause d'explosion d'une chaudière peut quelquefois être indépendante de la tension de la vapeur ou de l'état de l'appareil, et provenir du foyer même. En effet, la combustion du charbon produit toujours des gaz qui, en certaines circonstances, s'accumulent dans les carneaux, s'enflamment, détonent et occasionnent ainsi des perturbations qui peuvent entraîner la rupture des chaudières.

[1] Traité de la chaleur, Paris, 1843. Librairie de Hachette. Page 443.

Il est facile de se rendre compte des circonstances dans lesquelles se forment des mélanges explosifs, en se rappelant que les cheminées des foyers des chaudières sont munies de registres dont on se sert pour modérer l'action du feu, et qui, lorsqu'ils rétrécissent trop considérablement l'ouverture de la cheminée, ou lorsque même ils la ferment complétement, empêchent le dégagement des gaz produits par la combustion du charbon, et dont l'hydrogène carboné forme la majeure partie. Ce gaz se loge dans les carneaux, les remplit, et si, dans ces circonstances, on établit un courant d'air, soit en ouvrant la porte du foyer, soit en soulevant le registre, la partie de l'air atmosphérique non brûlé se mélageant avec l'hydrogène carboné, forme un gaz qui s'enflamme et détone violemment.

Un courant d'air n'est pas toujours nécessaire pour produire le mélange explosif, l'air contenu dans la cheminée et que l'on renferme en partie en abaissant le registre, suffisant quelquefois, par son mélange avec l'hydrogène carboné, pour déterminer l'explosion.

Cette explication est très-rationnelle et doit être admise, attendu qu'elle ne repose que sur des faits très-simples, et qui peuvent se présenter facilement. On ne peut un instant mettre en doute la grande quantité de gaz qui se dégage du foyer, le danger du mélange de ces gaz avec l'air atmosphérique, et l'influence que la fermeture trop grande du registre, suivie de son ouverture, peut exercer sur la production de ces gaz, sur leur mélange avec l'air, et enfin sur l'inflammation et la détonation de ce mélange.

Nous avons dit, en parlant des formes des chaudières *en général*, qu'il en existait à foyer intérieur. Ordinairement, dans ces chaudières, un système de tubes de petites dimensions ou un cylindre intérieur, fournit un dégagement au foyer. Les cylindres intérieurs sont fréquemment rompus, tordus sur eux-mêmes, aplatis, quelquefois même projetés au dehors, et l'on a attribué la plupart de ces accidents, avec beaucoup de probabilité, à l'effet de l'inflammation de mélanges ex-

plosifs, le résultat de cette inflammation étant de produire brusquement un vide dans ces cylindres, extérieurement soumis à une forte pression, et qui, dans ces circonstances, peuvent se rompre très-facilement.

On ne pourrait, du reste, conserver aucun doute concernant l'inflammation de mélanges explosifs dans les foyers, depuis que M. Gay-Lussac a rapporté la détonation d'un mélange explosif, qui a eu lieu à la raffinerie de salpêtre de l'Arsenal de Paris, dans un fourneau d'une chaudière de concentration, détonation qui détruisit complétement le fourneau.

M. Arago [1] rapporte aussi l'écrasement d'un cylindre intérieur qui eut lieu aux mold-mines, dans le Flintshire, par suite de l'inflammation d'un mélange explosif, et qui occasionna la mort de deux ouvriers.

La machine, arrêtée depuis quelques minutes, était alimentée par trois chaudières, les portes des foyers étaient fermées ainsi que les registres de deux cheminées, et c'est au moment où l'on venait de fermer le registre de la troisième, que l'explosion eut lieu. Le cylindre intérieur de la chaudière dans laquelle l'explosion se manifesta, fut complétement aplati, et un contre-maître, témoin de l'accident, vit, au moment de l'explosion, *un bouffée de flamme s'élancer du foyer vers l'atelier*.

Le reste de la chaudière ne subit d'ailleurs aucune altération, et la soupape de sûreté fut même retrouvée en parfait état, sur le cylindre extérieur.

Les chaudières à foyer et à cylindre intérieur présentent tant d'avantages sous le rapport de l'économie du combustible, que l'on doit s'attendre à voir leur usage se répandre de plus en plus. Ces chaudières exigent des soins tout particuliers dans leur construction, et les cylindres intérieurs surtout doivent être maintenus par de fortes armatures, attendu qu'ils se trouvent exposés à la cause de rupture que nous venons de rapporter. Il existe un grand nombre d'exem-

[1] Annuaire de 1838, page 149.

ples de rupture de cylindres intérieurs, sans altération [illegible] dans les cylindres extérieurs, qui prouvent évidemment [illegible] les premiers constituent la partie faible des chaudière[illegible] foyer intérieur, ce qui provient en partie des difficultés l'on éprouve à les construire régulièrement.

VIII.

ABAISSEMENT DU NIVEAU DE L'EAU AU-DESSOUS DE LA PART[illegible] SUPÉRIEURE DE LA SURFACE DE CHAUFFE.

Il n'y a qu'une opinion concernant le danger de l[illegible] baissement du niveau de l'eau dans une chaudière, au-[illegible] sous de la partie supérieure de sa surface de chauffe. T[illegible] les savants, tous les ingénieurs, s'accordent à attribu[illegible] cette circonstance la plupart des explosions, et cependa[illegible] n'y a point de cause d'explosion qui ait donné lieu à au[illegible] de conjectures différentes.

Tous reconnaissent que le premier effet d'un abaissem[illegible] du niveau de l'eau, est de permettre à la partie de la sur[illegible] de chauffe qui n'est plus en contact intérieurement [illegible] l'eau, de prendre une haute température, qui s'étend m[illegible] sur les parois supérieures. On sait que si une chaud[illegible] remplie d'eau et exposée à l'action d'un foyer ardent [illegible] rougit pas, c'est parce que l'eau enlève continuellemen[illegible] chaleur produite sur les parois; mais cet effet n'a plus [illegible] du moment que les parois, au lieu d'être baignées par l'[illegible] de la chaudière, ne sont plus en contact qu'avec de la vap[illegible] qui dissipe très-peu la chaleur (1).

La théorie et l'expérience confirment donc ce fait du s[illegible] échauffement des parois, et différents exemples que n[illegible] allons faire connaître le constatent.

(1) Péclet. —Traité de la chaleur : Vaporisation. — Page 438. — Éditio[illegible] Hachette. — Paris, 1843.

Ainsi, à la fonderie de Pittsburg, en Amérique, il a été reconnu qu'une chaudière qui fit explosion, *et dont l'alimentation se faisait mal, rougissait fréquemment.*

Une planche de sapin, placée accidentellement sur la chaudière d'un paquebot faisant le service entre Dublin et Liverpool, prit feu par suite du sur-échauffement des parois supérieures.

Enfin M. Moyle a reconnu, en visitant les machines du Cornwall, qu'une échelle en bois, dont le pied reposait sur une chaudière, s'enflamma ([1]).

Mais si l'on est d'accord sur ce sur-échauffement des parois, on est loin de l'être sur les conséquences qui peuvent en résulter.

Les uns attribuent les explosions à une énorme quantité de vapeur, à laquelle les soupapes ne peuvent fournir un écoulement suffisant, formée subitement par l'action des parois sur-échauffées, mises en contact, soit avec l'eau de la chaudière par suite d'un bouillonnement tumultueux, ou de son inclinaison, si elle est placée à bord d'un bateau à vapeur, soit avec l'eau d'alimentation.

D'autres pensent qu'il y a effectivement production brusque de vapeur, mais que l'explosion est le résultat du choc de l'eau projetée avec violence contre les parois, par suite de l'ébullition tumultueuse qui accompagne la formation des vapeurs. D'autres enfin pensent que l'affaiblissement seul des parois rougies peut occasionner l'explosion.

M. Péclet est de cette dernière opinion, qui certainement, si l'on admet que l'échauffement a été assez fort pour amener les parois à la température du rouge naissant, paraît très-probable, puisque le métal à cet état perd considérablement de sa ténacité. En effet, les expériences de l'Institut

([1]) Les trois exemples de sur-échauffement des parois supérieures sont tirés de l'intéressante notice de M. Arago, insérée dans l'*Annuaire* de 1830, p. 175.

Franklin (¹) et celles de M. l'ingénieur en chef directeur des mines Tremery, ont démontré que le fer forgé, à l'état rouge, perd *les cinq sixièmes de sa ténacité.*

Du reste, quoique le passage au rouge des parois des chaudières soit une conséquence de l'abaissement du niveau de l'eau et puisse être considéré comme une cause d'explosion, nous devons dire que ce n'est pas la seule qui résulte du manque d'eau.

Quant à l'opinion que l'explosion pourrait être le résultat du choc de la masse liquide lancée contre les parois supérieures par la formation des vapeurs, on ne peut l'admettre; des expériences de l'Institut Franklin démontrant que, lors de la formation des vapeurs, l'eau n'est pas soulevée en masse compacte, mais, au contraire, est fort divisée par les bulles de vapeur (²).

MM. Perkins et Marestier se sont occupés particulièrement des phénomènes qui accompagnent l'abaissement du niveau de l'eau dans les chaudières, et, en exposant les explications données par ces deux ingénieurs, nous aurons l'occasion de présenter et d'étudier soigneusement ces phénomènes.

IX.

EXPLICATION DE M. PERKINS.

M. Perkins, savant ingénieur américain, a fait beaucoup de recherches sur la vapeur, et est l'inventeur d'un système de machines à vapeur qui porte son nom.

(¹) Nous citerons fréquemment les expériences faites par l'Institut Franklin sur les circonstances qui accompagnent la formation des vapeurs et qui provoquent l'explosion des chaudières, attendu qu'elles ont été faites avec un soin tout particulier, et qu'elles méritent la plus grande confiance. Ces expériences ainsi que celles faites par MM. Dulong et Arago, délégués à cet effet par l'Académie des sciences, ont été publiées et sont rapportées dans différents ouvrages. Ces dernières sont détaillées dans le cours de physique de l'École Polytechnique, de M. Lamé. Bruxelles, 1837, Méline, Cans et Cie, tome 1er, p. 292.

(²) Voir l'expérience rapportée ci-dessus, et le chapitre XV, dans lequel nous examinons l'effet du choc des vapeurs.

Voici en quoi consiste l'explication qu'il a donnée des explosions provenant de l'abaissement du niveau de l'eau.

Il suppose que cet abaissement ayant eu lieu, soit par suite d'un défaut dans la pompe alimentaire, soit par toute autre cause, une partie de la surface de chauffe, alors découverte, ainsi que les parois supérieures, ont pris une haute température. Il résultera de l'abaissement du niveau de l'eau une moins grande production de vapeur, puisque la surface du liquide en contact avec la chaudière aura sensiblement diminué, et il en résultera aussi, par conséquent, un ralentissement dans la machine. En outre, la vapeur qui se trouvera en contact avec les parois sur-échauffées, sera portée à une température supérieure à celle du liquide.

Cet état de choses étant admis, si l'on diminue la pression intérieure de la chaudière par l'ouverture d'une soupape ou d'un tuyau de dégagement, il se formera immédiatement une grande quantité de vapeur, qui, en se développant, projetera l'eau sous forme de mousse dans la partie supérieure de la chaudière, à travers la vapeur qui s'y trouve à une haute température, comme nous l'avons vu, et qui n'aura pu se dégager entièrement.

M. Perkins suppose que cette eau, projetée sous forme de mousse dans de la vapeur à une haute température, se vaporisera immédiatement, et qu'il en résultera un excès de vapeur ne pouvant se dégager par les soupapes et qui fera éclater l'appareil.

M. Perkins base donc son explication :

1° Sur ce que, lorsque le niveau de l'eau baisse, la partie supérieure de la chaudière peut s'échauffer fortement, ainsi que la vapeur en contact avec les parois à une haute température;

2° Sur ce que la diminution de pression, dans une chaudière, produit la projection de l'eau sous forme de mousse;

3° Sur ce que cette mousse, projetée dans de la vapeur à une haute température, se vaporise immédiatement.

Nous avons déjà démontré que la première partie de l'explication de M. Perkins, en ce qui concerne le grand échauffement des parois, doit être admise, et l'on ne peut douter de l'action de ces parois très-échauffées sur la vapeur qui se trouve en contact avec elles. A cet égard, M. Perkins a fait une expérience décisive que nous allons rapporter.

Il a placé verticalement, sur un fourneau, une chaudière cylindrique de 4 pieds anglais de hauteur et de 1 pied de diamètre; le feu ayant été disposé de manière à s'élever au tiers de la hauteur de la chaudière, il ne l'a remplie d'eau que jusqu'au sixième de cette même hauteur; une soupape chargée d'un poids correspondant à une atmosphère de pression, placée au milieu de la hauteur de la chaudière, permettait à la vapeur de s'échapper, et l'alimentation était réglée de manière que le niveau du liquide restât constant.

Pendant l'opération, un thermomètre plongé dans l'eau indiquait une température de 104° C; un autre, placé au milieu de la hauteur de la chaudière, accusait 160° C, et le couvercle ou la partie supérieure était rouge.

La seconde partie de l'explication de M. Perkins est aussi peu contestable que la première. Plusieurs expériences directes démontrent que la diminution de pression produit la projection de l'eau sous forme de mousse, et c'est avec raison que l'on a comparé cet effet à celui qui a lieu quand on débouche une bouteille de vin de Champagne ou d'eau gazeuse.

Il est, du reste, fort facile à vérifier, au moyen de la machine pneumatique: en plaçant sous le récipient un mélange d'eau et d'alcool et en opérant le vide, on s'apercevra, à chaque coup de piston, que, la pression diminuant, l'eau s'élève en mousse à une hauteur plus ou moins considérable.

L'observation du travail tumultueux de l'ébullition dans l'intérieur des chaudières, a fait l'objet des premières expériences de l'Institut Franklin. Il a d'abord opéré sur un petit

bouilleur en verre, se composant d'un cylindre de 14 pouces $^1/_4$ anglais de longueur et de 7 pouces $^1/_2$ de diamètre, dans lequel la pression était portée à environ deux atmosphères, et au moyen duquel il remarqua que le soulèvement d'une soupape placée à l'une des extrémités, ou l'ouverture d'un robinet placé à l'autre extrémité, occasionnait immédiatement une ébullition tumultueuse, qui projetait l'eau dans toute l'étendue de l'appareil.

L'Institut Franklin, après cette première expérience, en a fait une seconde, dans laquelle il a employé une chaudière en fer. On aurait pu attaquer la première, en se basant sur ce que l'ébullition dans les vases à parois métalliques ne présente point exactement les mêmes phénomènes que lorsqu'elle a lieu dans des vases de verre, la température de l'ébullition étant plus élevée dans ces derniers que dans les vases métalliques, et des soubresauts qui se manifestent dans les vases de verre, n'ayant pas lieu dans les vases métalliques [1].

La chaudière de fer employée dans la seconde expérience, était garnie de regards en verre, qui permettaient d'observer les phénomènes intérieurs; elle fut placée sur un fourneau agissant environ sur le tiers de la longueur, et fut munie d'une soupape de sûreté, dont l'ouverture était de — $\frac{1}{2055}$ de la section de la chaudière au niveau de la ligne d'eau, qui, du reste, fut maintenue à son milieu. La pression ayant été portée à deux atmosphères, chaque fois qu'en soulevant complétement la soupape de manière à dégager l'orifice, on diminuait la pression, le liquide s'élançait en bouillonnant dans toute l'étendue de la chaudière, et une partie en était violemment projetée en dehors par l'ouverture de la soupape.

M. le baron Séguier, membre de l'Académie des sciences,

(1) Traité de la chaleur de Péclet. Édition de Hachette; Paris, 1843. — Changement d'état des corps, p. 35.

a fait aussi des expériences qui ont confirmé celles que nous venons d'exposer.

Les deux premières parties de l'explication de M. Perkins sont donc parfaitement conformes à une saine théorie et à l'expérience ; mais il n'en est pas de même de la troisième, qui doit être complétement rejetée.

Tout en restant conséquent avec les vrais principes, on doit admettre que l'eau, projetée sous forme de mousse dans la partie supérieure de la chaudière qui contient de la vapeur à une très-haute température, en absorbe immédiatement la chaleur; mais il n'en résulte pas que l'on doive admettre que la quantité de chaleur que contient cette vapeur soit suffisante pour vaporiser assez d'eau pour produire un accroissement de pression capable d'occasionner l'explosion de la chaudière. On doit même se refuser à le croire, puisque nos connaissances positives sur la chaleur spécifique de la vapeur nous permettent d'affirmer que cette quantité de chaleur est peu considérable. Aussi MM. Arago, Dulong et Petit, et bien d'autres savants encore, rejettent-ils complétement cette partie de l'explication de M. Perkins, qui est en contradiction manifeste avec la théorie et l'expérience.

Il est vrai que cet ingénieur rapporte, à l'appui de son explication, une expérience qu'il a faite et qui semble prouver qu'une certaine quantité d'eau projetée dans un vase vide, à une température très-élevée, se transforme subitement en vapeur. Voici comme il a opéré : il a fait communiquer un générateur plein d'eau portée à la température de 260° C, avec un cylindre qui ne contenait ni eau ni vapeur, mais dont la température était de 650° C, et qui était muni d'une soupape.

La communication était établie au moyen d'un tube fermé par une soupape convenablement chargée. Cette disposition adoptée, M. Perkins injectait dans le générateur une certaine quantité d'eau froide, un même volume d'eau chaude passait nécessairement dans le récipient à 650° C, et la

soupape de ce récipient indiquait immédiatement des pressions énormes, 40 atmosphères pour une injection assez faible, et 100 pour une injection considérable. Il y avait donc formation instantanée de vapeur.

Ce qui caractérise une bonne expérience dont les résultats doivent venir à l'appui d'un fait, c'est que toutes les circonstances du fait à vérifier soient reproduites dans l'expérience : c'est, en un mot, une parfaite analogie. Or, si l'on examine attentivement ce qui se passe dans le cas qui se présente, on doit convenir qu'il n'en est point ainsi, et que l'on ne peut établir de comparaison entre les effets de l'appareil de M. Perkins, et ceux produits en circonstances ordinaires.

En premier lieu, l'on doit remarquer que l'eau du générateur est portée à une température de 260° C, température de beaucoup supérieure à celle ordinaire de l'eau contenue dans les chaudières, qui n'est habituellement que de 100 à 120° C. On ne peut mettre en doute que la température élevée de l'eau du générateur doit singulièrement favoriser sa transformation en vapeur, lors de l'injection.

Il faut remarquer aussi que le récipient vide de M. Perkins ne peut être comparé à la *chambre à vapeur* des chaudières, en ce que le métal employé était beaucoup plus épais que celui des chaudières, en ce que la température de 650° n'est jamais atteinte par la *totalité* des parois supérieures des chaudières, et enfin en ce que ce récipient, relativement à sa capacité, présentait une très-grande surface.

On ne peut nier que toutes ces circonstances, qui diffèrent essentiellement des circonstances ordinaires, n'aient eu une grande influence sur les résultats de l'expérience, et doivent empêcher d'en tirer des conclusions relativement à ce qui se passe dans les chaudières.

M. Perkins ne tient point compte de l'action, bien naturelle cependant, que les parois sur-échauffées de la chaudière ou de son récipient semblent devoir exercer sur la

production de la vapeur. Il fait plus, il nie cette actio parce qu'il croit avoir reconnu, ainsi qu'un grand nombr de savants, qu'un métal incandescent est peu propre à pro duire une prompte évaporation.

Mais, avant d'examiner la classe des phénomènes qui o rapport à cette dernière observation, disons de suite q M. Marestier, ingénieur très-distingué de la marine françai enlevé trop tôt aux sciences [1], a présenté une explicatio des explosions, ne différant de celle de M. Perkins qu'en c qu'il attribue la formation instantanée d'une grande quan tité de vapeur à l'action des parois sur-échauffées, sur l'ea qui est projetée contre ces parois, soit quand on lève l soupape d'une chaudière qui se trouve d'ailleurs dans l circonstances que nous avons désignées ci-dessus, soit quan la chaudière, comme dans les bateaux à vapeur, est forte ment agitée par le mouvement des vagues, soit lorsqu'u fuite de vapeur produit un affaiblissement de pression q occasionne l'ébullition tumultueuse [2].

X.

EXPLICATION DE M. MARESTIER.

M. Marestier, connu d'ailleurs par un excellent ouvra sur les bateaux à vapeur d'Amérique, a développé théorie des explosions, expliquée en peu de mots dans le p

(1) M. Marestier est mort en 1832.

(2) En développant et en discutant l'explication donnée par M. Perki nous n'avons fait que reproduire les opinions de MM. Arago, Dulong, Pécl et de bien d'autres savants. Toutefois, quoique maintenant l'explication M. Perkins soit généralement rejetée, nous devons dire que nous l'avo trouvée admise dans quelques ouvrages scientifiques, entre autres dans cours de physique de M. le professeur Marcet, édition de Cherbulier. — Pa et Genève, 1832, p. 210.

ragraphe précédent, dans un petit ouvrage devenu très-rare, et qui a été imprimé à Paris, en 1828, à l'imprimerie royale.

Il semble, au premier abord, qu'elle soit parfaitement rationnelle, qu'aucune objection sérieuse ne puisse lui être opposée, et que ce soit à tort que M. Perkins ait préféré baser sa théorie sur un fait inadmissible, en contradiction avec nos connaissances sur les propriétés de la vapeur.

Cependant l'explication de M. Marestier a été vivement attaquée, et est encore contestée par plusieurs savants, au nombre desquels on doit compter M. Péclet [1].

Ces savants se basent, pour rejeter cette théorie, sur ce qu'un métal incandescent paraît peu propre à produire instantanément de la vapeur, et ils appuient leur opinion sur des faits et des expériences que nous allons exposer.

1° Si l'on consulte le Dictionnaire de chimie de Klaproth, à l'article *Eau* [2], on voit que ce savant a fait l'expérience suivante : il a laissé *tomber une goutte d'eau* sur une cuiller de fer *très-poli* et *chauffée au rouge blanc*, et il a observé que cette goutte s'est divisée en plusieurs gouttelettes de dimensions différentes, qui se sont réunies en une seule, laquelle, après avoir tourné rapidement sur elle-même en diminuant de volume, a éclaté avec explosion.

Une série de gouttes que l'on a fait tomber sur la même cuiller, placée dans les mêmes conditions, a toujours présenté ce phénomène, ainsi que celui, bien remarquable, qu'à mesure du refroidissement du métal, la durée des gouttes diminuait.

[1] Péclet. Traité de la chaleur. Édition de Hachette. Paris, 1843, p. 441.

[2] Dictionnaire de chimie, par M. H. Klaproth et F. Wolff, traduit par E. J. B. Bouillon-Lagrange et par H. A. Vogel, 1810. Paris, Klostermann, p. 231. Quoique les expériences que nous allons citer soient généralement attribuées à Klaproth, nous devons cependant faire connaître qu'elles ont été faites bien antérieurement à ce chimiste, par Jean Gattlob *Leidenfrost*, médecin distingué, mort le 2 décembre 1794, qui en fait mention dans l'ouvrage : *de aquæ communis nonnullis qualitatibus tractatus*. Duisbourg, in-8°, 1754. Cet ouvrage se trouve à la Bibliothèque de Bonn.

Klaproth, dans une expérience, a trouvé les résultats suivants :

La première	goutte	a duré	quarante	secondes;
La deuxième	—	—	vingt	—
La troisième	—	—	six	—
La quatrième	—	—	quatre	—
La cinquième	—	—	deux	—
La sixième	—	—	0.	

Le même savant a observé, en faisant tomber successivement sept gouttes immédiatement l'une après l'autre, dans la cuiller de fer, que les gouttes se réunirent en un seul globule tournant rapidement sur lui-même. Le globule, rond d'abord, se divisa ensuite par le haut, en présentant une tache blanchâtre, et les bords en parurent dentelés.

Cette expérience dura 150 secondes : une expérience faite avec 10 gouttes dura 200″, et d'autres, essayées avec un plus grand nombre, ne réussirent point. Elles furent d'ailleurs répétées et faites dans des vases de fer, de cuivre, de platine et d'argent, sans que les résultats en fussent sensiblement différents.

Si l'on examine attentivement les phénomènes qui se présentent dans ces expériences, on reconnaît que les gouttes d'eau qu'on laisse tomber sur la cuiller de fer n'adhèrent point à sa surface, ne sont, au contraire, en contact avec elle que par quelques points, et qu'une légère couche de vapeur s'interpose entre le métal et la goutte d'eau.

2° M. Galy-Cazalat, dans son mémoire théorique et pratique sur les bateaux à vapeur [1], rapporte un fait dont la vérification est facile, et qui est bien connu des forgerons : lorsque l'on plonge une masse métallique très-chaude

[1] Paris, 1857. Édition de Mathias, p. 124.
M. Galy-Cazalat est auteur de recherches sur la vapeur, couronnées par l'Institut en 1833.

dans de l'eau froide, de la vapeur se forme avec bruit, et ce bruit et la vapeur *augmentent sensiblement quelques instants après l'immersion.*

3° L'Institut Franklin n'a point oublié, dans ses nombreuses recherches, de s'occuper de ces faits intéressants; mais il serait trop long de rapporter les expériences qui l'ont conduit à déterminer la température du *maximum* de vaporisation pour différents métaux : nous nous contenterons d'en rapporter les résultats que voici.

Il a reconnu que :

1° La température du *maximum* de vaporisation, pour le même métal, est d'autant plus basse que le poli de la surface est plus grand;

2° Pour le fer poli, le *maximum* de vaporisation a lieu de 160° à 170° C.; pour le fer oxydé, à 175° C.; et pour le fer fortement oxydé, à 194° C.

Les temps de vaporisation pour ce métal diffèrent très peu;

3° Le *maximum* de vaporisation, pour le cuivre poli, a lieu à 144°, 4 C, et pour le cuivre oxydé, à 175°,4 C.

Le rapport des temps de vaporisation a été comme 12 est à 1;

4° Les temps de vaporisation pour le fer et pour le cuivre dans le même état, sont entre eux comme deux est à un;

5° Les températures du *maximum* de vaporisation du fer et du cuivre très oxydés, correspondent environ à une force élastique de la vapeur de neuf atmosphères;

6° La répulsion est parfaite entre le métal et l'eau de 11° à 22° C. au-dessus de la température du *maximum* de vaporisation : au delà de cette température, l'eau ne peut plus humecter le métal.

Ces résultats ont été obtenus en laissant tomber le liquide dans des bassins de fer et de cuivre, chauffés à l'esprit de vin, au charbon, ou au moyen de bains d'huile et d'étain fondu.

Les expériences ci-dessus ont été rapportées avec la plus scrupuleuse exactitude, ce qui était d'autant plus nécessaire

que nous nous proposons d'attaquer les conclusions que l'o
en a tirées, relativement à l'explication de M. Marestier.

Il semble en résulter effectivement qu'un métal *incan-descent* paraît peu propre à produire une évaporation rapid
et que, par conséquent, l'explication de M. Marestier n
peut être admise, puisqu'elle repose sur la prompte actio
que les parois sur-échauffées doivent exercer sur l'eau q
est projetée contre elles; mais, dans ce cas encore, de mên
que l'expérience que M. Perkins cite à l'appui de son expl
cation, et que nous avons exposée ci-dessus, les expérien
ces ne rendent pas compte de ce qui se passe dans les cha
dières : il n'y a point analogie entre les faits produi
expérimentalement et ceux qui se présentent en circonstan
ces ordinaires, et nous allons entreprendre de le démontre

Dans l'expérience de Klaproth sur les gouttes d'eau, l'e
qui tombait sur la cuiller était *froide :* dans les chaudière
l'eau qui est *projetée* sur les parois sur-échauffées est *chaud*
elle est à une température de 100° à 120° C, souvent mên
supérieure, ce qui facilite singulièrement sa transformati
en vapeur.

Dans les expériences de Klaproth, le métal de la cuiller e
porté *au rouge blanc,* lorsque la première goutte y tomb
et c'est celle dont l'évaporation est la plus lente. Or, les parc
des chaudières peuvent s'échauffer fortement et roug
même, mais elles n'atteindront *jamais* la température
rouge blanc (¹). On admettra cette assertion, en se rappela
que le fer atteint le rouge sombre à la température d'env
ron 1000 degrés Fahrenheit (544,44 C), mais qu'il n'attei
le rouge blanc qu'à la température de 12,000 degrés Fal
renheit (6,533,33 C) (²).

Voilà donc, entre l'expérience et ce qui se passe dans l

(¹) Il suffit, pour s'en convaincre, de se rendre compte de la disposition d
foyers des chaudières.

(²) Voir aux pages 99 et 102 de l'ouvrage fondamental de Karsten, C.
manuel de la métallurgie du fer. Metz, 1830.

chaudières, une différence de température bien marquée et pour l'eau et pour le métal, et qui, quoique en sens opposé suivant que l'on considère l'eau ou le métal, est certainement à l'avantage de l'explication de M. Marestier.

Remarquons maintenant que ce sont des gouttes *d'eau froide que l'on a laissées tomber sur la* cuiller dans l'expérience de Klaproth, et que, dans la chaudière, c'est un mélange d'eau chaude et de vapeur, déjà à une haute température, qui est *projeté*, *avec violence*, contre des parois qui ne sont point à la température du *rouge blanc*, mais bien à une température beaucoup plus basse, se rapprochant par conséquent de celle de la cuiller, lorsque la *sixième goutte qui s'est évaporée instantanément y est tombée.*

Quant à *la violence de la projection*, l'expérience de l'Institut Franklin, déjà citée (IX), ne laisse aucun doute à cet égard, dans le cas de l'ouverture d'une soupape, et cette circonstance, comme nous le verrons, a une grande importance. On ne peut non plus comparer l'eau froide des expériences au *mélange d'eau et de vapeur* qui est projeté contre les parois sur-échauffées, et il n'est pas non plus présumable qu'une grande quantité d'eau *à une haute température, lancée violemment*, *à travers un gaz incandescent, contre un métal déjà oxydé, tout au plus rouge*, présentera les mêmes phénomènes qu'une goutte d'eau *froide qu'on laisse tomber, à l'air libre,* sur une cuiller de fer *très-poli* et portée *au rouge blanc.*

La projection avec violence de l'eau doit jouer un grand rôle dans le phénomène de la production subite d'une grande quantité de vapeur, et c'est ce que M. Arago a reconnu dans la notice qu'il a insérée dans l'Annuaire du bureau des longitudes [1], en écrivant, à propos de la théorie de M. Marestier :

« Si l'on trouvait, par exemple, qu'une goutte d'eau pro-« jetée avec force sur une surface métallique incandescente,

[1] Annuaire de 1830, p. 191.

« se vaporise sur-le-champ, *tous les doutes auraient di*
paru. »

Or, ce phénomène a lieu, et c'est ce que M. Péclet, dans s
beau Traité de la chaleur, reconnaît de la manière suivant

« On peut rendre l'évaporation presque instantanée,
« établissant un contact forcé entre l'eau et le métal, p
« l'aplatissement des bulles résultant d'un choc brusque (1)

M. Galy-Cazalat le reconnaît aussi, dans son mémoire th
rique et pratique sur les bateaux à vapeur (2), et il écrit :

« Si l'on multiplie les points de contact des globules d'ea
« en employant une force qui aplatisse la goutte ; si on
« laisse tomber, par exemple, d'une certaine hauteur,
« vaporisation est beaucoup plus rapide ; elle devient inst
« tanée pour une certaine température, en dessous ou a
« dessus de laquelle les gouttes d'eau se vaporisent p
« lentement. »

Or, on peut certifier avec raison que l'eau projetée a
violence par l'effet de l'ébullition tumultueuse, remplit
conditions nécessaires pour amener un contact forcé en
l'eau et le métal, et par conséquent une évaporation t
rapide.

Remarquons encore qu'il ne faut pas une diminution
pression et une ébullition tumultueuse pour projeter l'e
sur les parois rougies. Dans les bateaux à vapeur, le tang
produit souvent des secousses ou des oscillations qui amèn
brusquement le liquide contre les parois ; et, en outre,
tuyau alimentaire peut, par suite de l'abaissement du nive
de l'eau, injecter fortement l'eau d'alimentation contre
parois qui se trouvent sur-échauffées.

Nous concluons des considérations que nous avons prés
tées, que les expériences de Klaproth, de Galy-Cazalat et
l'Institut Franklin ne sont point applicables au cas qui no
occupe :

(1) Péclet. Traité de la chaleur. Paris, 1843. Édition de Hachette, p. 1
(2) Paris, 1837. — Édition de Mathias, page 125.

1° En ce qu'elles ont été faites avec de l'eau *froide*, et dans des circonstances toutes différentes de celles qui se présentent dans les chaudières;

2° En ce que, dans les expériences de Klaproth, *on a laissé tomber* les gouttes d'eau froide, tandis que, dans les chaudières, il y a projection, *avec violence*, d'eau et de mélange d'eau et de vapeur, soit que la projection ait lieu par une ébullition tumultueuse provenant d'une diminution de pression, soit qu'elle ait lieu, comme dans les chaudières des bateaux à vapeur, par suite des oscillations du navire, soit enfin qu'elle ait lieu par l'injection de l'eau d'alimentation contre les parois sur-échauffées.

Il nous reste à faire une observation très-importante.

D'après l'Institut Franklin, la température du *maximum* de vaporisation du fer fortement oxydé (cas des chaudières à l'intérieur) est de 194° C.; d'après M. Galy-Cazalat, cette température, pour les chaudières, est de 375° Fahrenheit, soit 190°,55 C. On voit que ces indications sont assez rapprochées.

Ainsi donc, si une chaudière, ou plutôt si une partie des parois d'une chaudière, acquiert une température de 190° C. environ, par suite de l'abaissement du niveau de l'eau, elle se trouve dans les circonstances les plus favorables pour produire rapidement de la vapeur.

Or, il arrivera plus fréquemment que les parois seront environ à cette température qu'à une température beaucoup plus élevée, surtout à la partie supérieure des chaudières; en effet, nous nous sommes servi jusqu'à présent de l'expression parois supérieures de la chaudière en parlant de l'échauffement qui peut résulter de l'abaissement du niveau de l'eau : remarquons cependant que cet échauffement n'aura pas lieu sur les parois supérieures proprement dites, mais bien sur les parties latérales de la chaudière qui seront exposées à l'action du foyer. Il est vrai que cet échauffement se communiquera de couche en couche, mais graduellement,

et en diminuant depuis le niveau de l'eau jusqu'à la génératrice supérieure de la surface cylindrique que forme la chaudière.

Il importe de constater que l'explication de M. Marestier a été admise par un grand nombre de savants et d'ingénieurs distingués, quoique vivement combattue par d'autres. Quelques citations prouveront suffisamment que même les adversaires de M. Marestier n'ont pu rejeter complétement sa théorie.

Dans la notice de M. Arago, insérée dans l'Annuaire de 1830, cet illustre savant, il faut le reconnaître, n'admet pas complétement l'explication de M. Marestier; mais bien loin de la rejeter, il la regarde comme tellement probable, *qu'il conseille d'employer toutes les précautions qu'elle suggère*, et il dit positivement, après avoir rapporté les expériences de Klaproth :

« *Malgré ces curieuses expériences*, il semble que l'action « directe des parois incandescentes d'une chaudière joue le « principal rôle dans la tranformation d'eau en vapeur, » dont l'explosion est la conséquence [1].

M. Galy-Cazalat dit, dans son mémoire sur les bateaux à vapeur déjà cité, que la pression effective peut devenir instantanément plus grande que la résistance des parois inégalement chaudes, parce que le niveau de l'eau s'étant abaissé et ayant permis un grand échauffement des parties supérieures de la chaudière, *le contact de l'eau bouillante avec les parois a dû produire à l'instant une grande quantité de vapeur qui occasionne l'explosion* [2].

M. Péclet lui-même, après s'être refusé complétement à admettre l'explication de M. Marestier, dit :

« Il est cependant probable que, dans de certaines circons- « tances, il a pu se former contre les parois de la chaudière « fortement échauffées par l'abaissement du niveau de l'eau,

[1] Annuaire de 1830, p. 191.
[2] Mémoire théorique et pratique sur les bateaux à vapeur, p. 116.

« et à la suite de l'ouverture d'une soupape qui a soulevé l'eau
« en émulsion, une quantité de vapeur plus grande que celle
« que la soupape a pu débiter dans le même temps, surtout
« si la température de la paroi se trouvait à la température
« du *maximum* de vaporisation, etc. ([1]). »

Enfin, dans le tome XX des Annales des mines de France ([2]), il a été rendu compte d'un assez grand nombre d'explosions, et ce travail a été fait, par ordre de la commission centrale des machines à vapeur, par M. Combes, ingénieur en chef des mines du plus grand mérite. En faisant le dépouillement des explosions dont il donne la relation, et en examinant les causes qui les ont produites, on voit que le savant secrétaire de la commission des machines à vapeur attribue l'explosion du bateau à vapeur le Parisien, à l'abaissement du niveau de l'eau, et à la formation très-rapide d'une grande quantité de *vapeur provenant de l'arrivée de l'eau d'alimentation sur les parois sur-échauffées par suite de l'abaissement du niveau de l'eau.*

Cette opinion est aussi celle de la commission de surveillance de Paris et de Melun.

Nous pourrions multiplier ces exemples et ces citations; mais nous pensons qu'en raison des ouvrages remarquables dans lesquels nous avons puisé celles qui précèdent, et qu'en raison des noms de MM. Arago, Péclet, Combes et Galy-Cazalat, on les considérera comme suffisantes.

Nous nous sommes étendu longuement sur les conséquences qui peuvent résulter de l'abaissement du niveau de l'eau dans les chaudières, et nous sommes entré dans de grands détails sur le passage au rouge des chaudières, parce que de toutes les précautions à prendre pour éviter les explosions, la plus importante et la plus nécessaire consiste à prévenir le manque d'eau et le sur-échauffement des parois. Partisans et

([1]) Traité de la chaleur déjà cité, p. 446.

([2]) Annales des mines, Paris; Garillian-Fleury et veuve Dalmon, t. XX, IV[e] livraison de 1841, p. 113.

adversaires de l'explication de M. Marestier, tous s'accorde sur ce point et recommandent spécialement cette précautio comme présentant la plus grande garantie de sécurité cont les terribles accidents qui nous occupent.

Dans les nouvelles machines bien construites, on co mence à établir un double système d'alimentation, afin prévenir les graves conséquences d'un dérangement da une pompe alimentaire unique. On place même, à bord certains bateaux à vapeur, une très-petite machine n'aya d'autre but que de mouvoir une pompe foulante, destir à alimenter la chaudière, lorsque la pompe alimenta ordinaire ne fonctionne pas, soit par suite d'un accider soit lorsque le bateau à vapeur s'arrêtant momentanémer la machine n'est pas en mouvement [1]. Enfin le gouverr ment français, comprenant la nécessité de maintenir niveau d'eau convenable dans les chaudières, a exigé, da les nouvelles ordonnances promulguées en 1843, outre l'e ploi des moyens ordinaires, les flotteurs et les indicateur celui *d'un flotteur d'alarme*, qui, lorsque l'eau se trouv cinq centimètres au-dessous de la ligne d'eau déterminé ouvre une issue par laquelle la vapeur s'échappe de la cha dière, avec un bruit suffisant pour avertir le chauffeur [2]

On ne peut assez approuver cette disposition, qui n'e pas obligatoire en Belgique, mais, qui, il faut l'espérer, deviendra.

Avant de nous occuper de la dernière des causes généra d'explosion énumérées au chapitre II de ce mémoire, no allons successivement passer en revue quelques explicatio qui ont fixé l'attention des savants et des ingénieurs, et q quoique ne présentant pas toutes une certitude suffisant n'en doivent pas moins être exposées et discutées.

(1) Un des bateaux à vapeur de la Meuse appartenant à la société Orbar Cie, en Belgique, possède un de ces petits appareils nommé généralemen *petit cheval*.

(2) Article 30 de l'ordonnance française.

XI.

DES EXPLOSIONS ATTRIBUÉES A L'ÉTAT SPHÉROÏDAL DE L'EAU DANS LES CHAUDIÈRES.

Les phénomènes que présente l'eau qu'on laisse tomber sur des surfaces chaudes, quoique ayant été signalés et examinés par Leidenfrost, en 1754, et ensuite par Klaproth, comme nous l'avons vu au chapitre précédent, et quoique bien dignes d'être étudiés sérieusement, sont restés pendant longtemps presque inaperçus. Ce n'est que depuis quelques années que les savants en ont fait l'objet de leurs investigations.

Nous avons vu (chap. X) qu'une goutte d'eau qu'on laisse tomber sur une surface métallique incandescente ne mouille pas le métal, ne bout pas, prend la forme d'un globule sphérique, tourne rapidement sur elle-même en se réduisant en vapeur, et finit par disparaître en produisant une certaine détonation.

L'eau dans cet état est dite à l'état *globulaire ou sphéroïdal*. Dumas (1) et Berzelius (2) dans leurs beaux ouvrages parlent de ce phénomène sans s'y arrêter longuement; MM. Pouillet (3), Peltier (4), Desmarest (5), Marchand de Berlin et Boutigny d'Evreux (6) s'en sont spécialement occupés, et se sont livrés à des recherches et à des expériences qui ont jeté quelque lumière sur cette propriété de l'eau, peu connue

(1) Dumas, traité de chimie appliquée aux arts, 1828, Paris, Bechet jeune, tome 1er. — Eau. — Livre 2. — Chapitre II. — Corps non métalliques, page 32.

(2) Berzelius — Traité de chimie. — Wahlen et Cie. Bruxelles, 1839. — Du calorique, page 28, tome 1.

(3) Éléments de physique et de météorologie de Pouillet, Bruxelles, 1842, Hauman et Cie, page 112. — Chaleur. — Livre II. — Chapitre IV. — Vapeurs.

(4) Annales de physique et de chimie, tome XXXVI, page 10.
Idem. 1840, tome LXXV. page 330.

(5) Journal de pharmacie, Paris, 1840.

(6) Bulletin du musée de l'industrie. — Bruxelles, 1844. — 2e livraison, p. 315.

encore, mais qui par les conséquences qui pourront en être déduites, ne peut manquer d'exciter un vif intérêt.

M. Boutigny d'Evreux surtout, étendant le cercle de ses recherches, a examiné d'une manière générale les phénomènes que présentent *les corps* qu'on laisse tomber sur les surfaces chaudes. Ses intéressants travaux, poursuivis avec une rare persévérance, récompensée d'ailleurs par la découverte de faits nouveaux, ont été rassemblés et présentés avec ses expériences dans différents mémoires.

M. Boutigny a été conduit par les résultats qu'il a obtenus, à admettre que les explosions des chaudières à vapeur peuvent être occasionnées par l'état sphéroïdal de l'eau dans ces chaudières, et par la transition de cet état sphéroïdal à l'état liquide, transition toujours accompagnée d'une grande production de vapeur.

Nous devons renvoyer aux différents mémoires de M. Boutigny d'Evreux, et nous ne pourrions développer ici ses longs travaux sans nous écarter de notre sujet, puisque toutes ses recherches et ses expériences ne se rapportent point à la question qui nous occupe. En outre, nous ne pourrions le faire sans être entraînés dans de longues discussions; car, quoique l'on rende généralement justice à M. Boutigny en reconnaissant qu'il a enrichi la science de nouveaux faits, et qu'il a attiré l'attention des savants sur une classe de phénomènes qui n'avaient point été assez étudiés jusqu'ici, il ne s'en suit pas que toutes les conclusions qu'il a tirées de ses travaux soient admises, et il en est encore qui sont vivement contestées et qui demandent la sanction de nouvelles expériences et d'un examen sérieux et approfondi.

On reconnaîtra facilement l'exactitude de cette assertion en apprenant que MM. Pouillet, Peltier, Desmarest, Marchand de Berlin et Boutigny, sont loin d'être d'accord sur certains faits et sur la manière d'expliquer certains phénomènes, ainsi que le constate la lecture de leurs travaux. Cela s'explique facilement, en considérant qu'il suffit de circonstances en ap-

parence insignifiantes, pour modifier complétement les résultats d'une même expérience faite par différentes personnes.

C'est ainsi que, tandis que quelques physiciens attribuent l'état sphéroïdal de l'eau à un effet de répulsion qui se manifeste dans les corps échauffés, d'autres l'attribuent à l'interposition d'une couche de vapeur qui se forme entre la goutte d'eau et le métal incandescent, et qui empêche la transmission de la chaleur. M. Pouillet pense que les rayons calorifiques traversent l'eau à l'état sphéroïdal sans l'échauffer; M. Boutigny pense (et appuie son opinion d'expériences) qu'ils sont réfléchis [1]. On voit que, là encore, il y a incertitude et désaccord entre les savants.

Il reste beaucoup à faire relativement à l'état sphéroïdal de l'eau; mais, avant peu d'années, on peut espérer que cette question sera éclaircie, l'Académie des sciences en étant saisie, et les chimistes et les physiciens commençant à s'en préoccuper vivement.

Toutefois, malgré le vague de nos connaissances sur cette propriété de l'eau, il existe un certain nombre de *faits* acquis à la science, et M. Boutigny a tiré de ses expériences quelques conclusions généralement admises.

Nous présenterons ici celles qui nous sont nécessaires pour développer la cause d'explosion dont il s'est particulièrement occupé.

M. Boutigny pose en principe que :

1er L'état sphéroïdal de l'eau peut être produit à la température de 171° C., et que même, en prenant diverses précautions, on peut le produire à 142° C.;

2e La température de l'eau, quelle que soit d'ailleurs celle du vase qui la contient, est invariable et est de 96°50 C;

3e La température de la vapeur à l'état sphéroïdal est égale à celle des vases qui la contiennent; en d'autres termes, l'équilibre de chaleur s'établit toujours entre *la vapeur* de l'eau à l'état sphéroïdal et l'espace qui la renferme, et cet

(1) Cette opinion est aussi celle de Rumfort.

équilibre ne saurait s'établir entre cet espace et *l'eau* à l'état sphéroïdal d'où naît cette vapeur;

4° L'eau peut passer à l'état sphéroïdal en grande masse[1].

Voici les conséquences que M. Boutigny tire de ces principes, relativement à l'explosion des machines :

« Lorsque les issues de la vapeur sont fermées, ce qui » arrive dans un très-grand nombre de circonstances, la » température ne cesse point pour cela de s'élever, et, s'il est » vrai de dire que l'eau est toujours soumise à l'empire des » lois de la chaleur, il est vrai aussi de dire qu'elle est sur » la limite de cet empire, et que la plus petite cause peut » l'en faire sortir, ainsi qu'on va le voir. Lorsqu'une chau- » dière se trouve dans les conditions énoncées ci-dessus, l'eau » est soumise à l'action de deux forces qui se neutralisent » réciproquement : la pression exercée à la surface de l'eau » et la force répulsive de la chaudière qui agit en dessous. » Vient-on à ouvrir un robinet, la vapeur s'élance rapidement » par cette ouverture, il se fait un vide, et l'eau, repoussée » par le fond de la chaudière et attirée en quelque sorte » par le vide qui s'est formé presque instantanément, se » trouve projetée à la partie supérieure de la chaudière. » Mais tout cela ne dure qu'un instant, l'eau obéissant aux lois » de la pesanteur retombe sur le fond de la chaudière et passe » à l'état sphéroïdal; alors elle fournit peu de vapeur, l'équi- » libre de chaleur n'existe plus, l'explosion est imminente et » elle peut se faire de deux manières : 1° par l'addition d'une » certaine quantité d'eau froide; 2° par l'extinction des feux.

« L'eau peut encore passer à l'état sphéroïdal dans les

[1] M. Desmarest a été conduit par ses expériences, à penser que le poids *maximum* d'eau qui peut passer à l'état sphéroïdal et tenu à cet état, est d'environ 100 grammes. Il aura certainement mal opéré ; car M. Pouillet s'étant servi d'un creuset de platine chauffé au rouge blanc, l'a rempli à moitié d'eau qui passait à l'état sphéroïdal, à mesure qu'on la laissait tomber goutte à goutte, et il a maintenu à cet état, pendant un quart d'heure, cette quantité d'eau beaucoup plus forte que 100 grammes. Il n'en est pas moins vrai que, plus la masse d'eau est considérable, plus il est difficile de la faire passer et de la maintenir à l'état sphéroïdal.

» chaudières à vapeur, lorsqu'elles viennent à manquer d'eau, » ce qui peut avoir lieu par la négligence du mécanicien, ou » par un accident survenu à la pompe alimentaire, et alors » l'eau qui arrive dans la chaudière passe à l'état sphéroïdal » et l'explosion se fait ensuite comme cela a été décrit » rapidement plus haut. »

Après avoir développé cette théorie, M. Boutigny examine ce qui pourrait avoir lieu dans une chaudière dont la capacité serait de 100 litres et qui ne contiendrait que 10 litres d'eau à l'état sphéroïdal. Il déduit de ses expériences qu'au moment où cet état disparaîtrait, il se formerait immédiatement au moins 17,000 litres de vapeur.

Disons que le fait du passage de l'eau à l'état sphéroïdal dans la chaudière, au moment où, après avoir été soulevée, elle retombe sur la partie inférieure, et que les faits de la transition brusque de l'état sphéroïdal à l'état liquide, 1° par l'addition d'une certaine quantité d'eau froide et 2° par l'extinction des feux, sont basés sur six expériences directes et concluantes, rapportées dans les mémoires de M. Boutigny, expériences qu'il serait trop long d'insérer ici, et auxquelles nous sommes forcés de renvoyer.

Il est certain que dans les conditions supposées par M. Boutigny, la formation de l'état sphéroïdal de l'eau dans les chaudières et la brusque transition de cet état à l'état liquide, peuvent occasionner l'explosion des appareils par l'énorme production de vapeur qui accompagne toujours cette transition. On doit admettre cette circonstance, qui est basée sur les six expériences de M. Boutigny mentionnées ci-dessus, qu'il est facile de vérifier, et dont, du reste, l'exactitude a été reconnue à diverses reprises. Mais cette cause d'explosion doit se présenter très-rarement, à cause de la grande quantité de liquide contenue dans les chaudières, quoique, comme l'a fait remarquer M. Dumas ([1]), elle pourrait devenir

([1]) Dumas. — Traité de chimie appliquée aux arts. — Paris. — 1828. — Tome I. — Page 32.

plus fréquente, par suite de l'emploi des tubes générateu qui contiennent souvent peu d'eau et dont la température e souvent très-élevée : on sait que l'usage de ces tubes conti nue à se répandre.

Nous devons faire remarquer que, malgré ce que no venons de dire de l'état sphéroïdal de l'eau, nous n'en main tenons pas moins les conclusions du chapitre dans lequel no avons examiné la théorie de M. Marestier, attendu que lor que l'eau projetée sur une surface incandescente ne pas pas à l'état sphéroïdal, c'est parce qu'une cause quelconq amène forcément le contact du liquide et de la surface, ce q donne lieu à une vive évaporation, presque instantanée. No avons trouvé cette cause dans la *projection avec violence* l'eau contre les parois incandescentes, ou dans l'arrivée d'u *masse* d'eau contre ces mêmes parois, masse liquide qui, p son poids et son mouvement, occasionnera nécessairement contact de l'eau et des parois [1].

Nous trouvons même, dans les mémoires de M. Boutign des preuves à l'appui de nos considérations, attendu qu recommande *de verser doucement* dans le vase incandesce le liquide que l'on veut faire passer à l'état sphéroïdal, ta dis qu'en versant une masse d'eau dans le vase, sur un se point, on reconnaît, par un phénomène particulier de réfra tion, que l'eau mouille le métal, ce dont d'ailleurs, d M. Boutigny, *on serait averti par les torrents de vapeur qui dégagent de la masse d'eau.*

Du reste, nous devons le répéter, nos connaissances s l'état sphéroïdal de l'eau et sur les conséquences qui résultent, sont encore bien vagues. Espérons que les diss

(1) M. Péclet pense aussi que l'eau chargée d'un alcali ou d'un sel quelco que (Éléments de physique, Bruxelles, 1840. — Hauman, page 112) peut plus passer à l'état sphéroïdal. M. Peltier (Annales de chimie et physique. — Tome 75. 1840) pense que les dissolutions salines favorisent contact de l'eau et du métal. M. Boutigny ayant expérimenté sur une soluti de chlorure de sodium contenant 29 p. % de ce sel, dit l'avoir amenée l'état sphéroïdal. Cette solution, dont l'ébullition avait lieu à 108°50, donna à l'état sphéroïdal, la température de 104° C. et une fraction.

dences qui existent encore entre les savants sur ces phénomènes, disparaîtront bientôt devant de nouvelles investigations et que, réunis en un corps de doctrines, ces phénomènes prendront la place qu'ils doivent occuper dans les sciences.

Dans ce chapitre, nous avons spécialement examiné les travaux de M. Boutigny, concernant les explosions des machines à vapeur; nous devons toutefois faire remarquer que M. Boutigny n'est pas le premier qui ait signalé le danger qui pouvait résulter du passage de l'eau à l'état sphéroïdal : nous l'avons trouvé indiqué dans plusieurs ouvrages antérieurs à la publication des mémoires de M. Boutigny, et entre autres dans le traité de chimie de Dumas ([1]).

XII.

THÉORIE DE M. GALY-CAZALAT.

M. Galy-Cazalat, après avoir fait sur la vapeur un grand nombre de recherches, dont quelques-unes ont été couronnées par l'Institut, a été entraîné par ses expériences à attribuer à quelques nouvelles causes les explosions des machines à vapeur.

Il n'a pas toujours été heureux dans les conséquences qu'il a tirées de ses expériences, qui, n'ayant pas toutes été faites avec les précautions nécessaires, lui ont fait commettre de graves erreurs et présenter des théories peu rationnelles, ainsi que nous en avons déjà donné un exemple (chap. VI).

Voici une des expériences dont il a tiré des conclusions que nous ne pouvons admettre : nous la donnerons telle qu'elle se trouve consignée dans son mémoire théorique et pratique sur les bateaux à vapeur ([2]).

« Un ballon en verre est à moitié plein d'eau recouverte

([1]) D'après M. Boutigny lui-même, sa première publication ne date que de 1837. Le premier volume de Dumas a paru en 1828.

([2]) Paris. — 1837. — Librairie de A. Mathias.

» d'une couche d'huile. On chauffe jusqu'à l'ébullition, que » l'on maintient pendant quelques minutes, pour chasser » tout l'air retenu par une affinité moindre qu'une atmos- » phère. L'eau étant dépouillée du gaz qu'elle ne peut ab- » sorber de nouveau, à cause de l'huile qui l'en sépare, on » laisse refroidir jusqu'à ce que les courants soient éteints. » Dans cet état, si l'on chauffe graduellement, la tempé- » rature indiquée par *t* [1] peut quelquefois s'élever jusqu'à » 123° C, avant qu'il y ait ébullition sous la pression atmos- » phérique. A cette température, l'eau privée d'air est dans » l'état d'équilibre qui précède la vaporisation instantanée; » car, si l'on chauffe de un degré de plus, il se développe » en un instant une masse énorme de vapeur qui brise le » vase, quoiqu'il soit ouvert, ou qui s'élance au-dehors en » entrainant beaucoup d'eau, quand l'ouverture et la résis- » tance du vase sont grandes. »

Ce phénomène, déjà observé par Deluc et Bellani, est attribué par M. Galy-Cazalat uniquement à ce que l'eau est privée d'air, et il en tire la conclusion que l'explosion de certaines chaudières peut être occasionnée par cette circonstance, que *l'eau privée d'air* peut s'échauffer, sans se vaporiser, à une température presque égale ou supérieure à celle qui donne à la vapeur une force plus grande que la résistance des parois.

Jusqu'à présent on n'est point parvenu à donner une explication tout à fait satisfaisante du phénomène rapporté ci-dessus, qui n'est pas toujours facile à produire, surtout quand on n'expérimente pas avec des vases de petites dimensions, et dans lequel il est probable que la cohésion du liquide joue un grand rôle; mais il est constant que la théorie donnée par M. Galy-Cazalat n'est point admissible, attendu que l'on a, à différentes reprises, recueilli dans une cloche pleine de mercure, l'air qui s'échappait d'un vase contenant de l'eau en ébullition, ébullition qui s'est constamment maintenue et représentée régulièrement, malgré la privation d'air.

[1] *t* indique un thermomètre placé dans le liquide.

Il est même fort heureux qu'il en soit ainsi; car l'eau des chaudières ne contient jamais que fort peu d'air, puisque l'échauffement continuel du liquide le chasse, et que l'eau d'alimentation n'en amène qu'une fort petite quantité qui se dissipe toujours très-vite. Il doit donc arriver souvent que toute l'eau soit, à peu de chose près, privée d'air, et, nous le répétons, il faut se féliciter que ce ne soit point là une circonstance provoquant des explosions, car elle les rendrait beaucoup plus fréquentes.

Nous avons déjà fait remarquer (chap. IX) que certains phénomènes auxquels donnait lieu l'ébullition de l'eau dans des vases de verre, *ne se produisaient pas dans des vases métalliques ;* M. Galy-Cazalat, qui ne pouvait ignorer cette circonstance si connue, n'aurait donc point dû opérer avec des vases en verre, puisqu'il devait tirer de ses expériences des inductions relatives aux phénomènes qui ont lieu dans les chaudières.

La contradiction qui existe entre l'expérience que nous avons citée ci-dessus, dans laquelle l'eau dont on avait expulsé l'air a continué à donner lieu à une ébullition régulière, et entre la cause d'explosion que M. Galy-Cazalat base sur la privation d'air de l'eau des chaudières, doit faire rejeter cette cause d'explosion, qui ne repose que sur une hypothèse en désaccord avec des faits réels dont la vérification est extrêmement facile.

Dans son mémoire sur les bateaux à vapeur déjà fréquemment cité, M. Galy-Cazalat, en s'occupant des explosions occasionnées par les dépôts et les incrustations dans les chaudières, attribue certaines de ces explosions à la décrépitation du sel marin contenu dans l'eau de mer dont on se sert à bord des navires pour l'alimentation des chaudières. Nous laisserons encore parler M. Galy-Cazalat, attendu que lorsque l'on veut combattre une théorie quelconque, il est important de la présenter consciencieusement et, autant que possible, telle que l'auteur l'a exposée.

« Si la croûte solide adhérente aux parois exposées aux
» coups de feu, se compose de sel marin, la chaudière
» peut être lancée dans l'air avant que le métal soit à la
» température de 190° C.; car l'expérience apprend que
» vers 190° C., le fer a le pouvoir de vaporiser l'eau de
» cristallisation du sel marin qui fait corps avec lui. Suppo-
» sons donc qu'une grande négligence ait laissé se former
» sur le coup de feu d'une chaudière alimentée par de l'eau
» de mer, une couche épaisse de sel adhérent au métal : si
» l'épaisseur de la couche de sel *est telle que l'eau bouillante*
» *de la chaudière ne puisse pas la dissoudre entièrement*, l'ex-
» plosion est imminente. En effet, quand on allume les foyers,
» le métal s'échauffant graduellement sous le dépôt séléni-
» teux, l'eau de cristallisation du sel finit par se vaporiser
» tout à coup, et il se fait une explosion analogue à la
» précédente ; » c'est-à-dire que la chaudière est rompue
par le surcroît de vapeur qui se développe brusquement.

Si M. Galy-Cazalat avait soumis cette explication au calcul, ce qu'il ne faut jamais manquer de faire quand on le peut sans l'intervention d'un trop grand nombre d'hypothèses, il se serait bien vite aperçu qu'elle n'est point admissible, et il ne l'aurait certainement pas exposée.

Elle est basée, en premier lieu, sur ce que la chaudière peut contenir une quantité de sel marin *telle que l'eau ne puisse la dissoudre entièrement*. Nous allons calculer combien il faudrait de sel marin pour saturer l'eau d'une chaudière cylindrique ordinaire, de six mètres de longueur totale, d'un mètre de diamètre et à extrémités hémisphériques.

D'après Thénard [1], l'eau de mer contient la trentième ou la quarantième partie de son poids de sel marin.

D'après Faraday [2], qui a fait beaucoup d'expériences et de

[1] Traité de chimie théorique et pratique. — Bruxelles, 1829. — Ode et Wodon, page 464.

[2] Note insérée dans l'ouvrage de M. Marestier sur les bateaux à vapeur d'Amérique.

recherches sur l'eau de mer et sur son action sur les chaudières, un mètre cube d'eau de mer, bouillant à 101° C., et d'une pesanteur spécifique de 1,0272, contient 32k298 de sel, soit la 31,90 partie de son poids.

D'après Thénard, cent parties d'eau à 109°38 C. dissolvent 40,38 parties de sel.

Un mètre cube d'eau de mer pesant spécifiquement 1,0272, bouillant à 101°C., dissoudra donc, à la température de 109° 38 C., 0,4038 parties de sel marin, dont la pesanteur spécifique est de 2,10 [1] d'après Kirwan, soit 414k78, moins toutefois les 32k298 de sel qu'il contient déjà, soit donc 382k49. Nous adopterons ces derniers nombres pour nos calculs, et nous supposerons le cas d'une chaudière cylindrique à extrémités hémisphériques, de 6m00 de longueur, de 1m00 de diamètre, seulement remplie d'eau à moitié et ayant pour surface de chauffe la moitié de sa surface totale.

La surface de chauffe aura une étendue de 9m²425.

Le cube de l'eau contenue dans la chaudière sera de 2m³223.

2m³223 d'eau de mer à la température de 109°38 C. pourront dissoudre :

414k78 de sel × 2,223 — 32k298 × 2,223 = 850k26.

850k26 forment donc la quantité de sel qui saturera l'eau de la chaudière, lorsqu'elle aura atteint la température de 109°38 C.

La pesanteur spécifique étant de 2,10, 850k26 représentent donc un volume de sel marin de 0m³4048.

En admettant que tout ce volume soit réparti également sur les 9m²425 qui forment la surface de chauffe, on trouvera qu'il faudrait une couche de sel marin de 0m042 d'épaisseur pour que les 2m³223 d'eau contenus dans la chaudière pussent se saturer de sel, à la température de 109°38 C.

Mais on sait que dans les chaudières la couche de sel ne se distribue pas uniformément sur la surface de chauffe : elle

[1] Ce nombre est admis dans presque toutes les tables des composés binaires.

est beaucoup plus épaisse sur les parois inférieures, et, dans le cas que nous venons d'examiner, on peut, sans aucune exagération, dire qu'elle serait de 0m07 à 0m08 d'épaisseur au fond de la chaudière, tandis que vers les limites supérieures de la surface de chauffe, elle se réduirait à une épaisseur beaucoup plus faible.

Toutefois remarquons que, pour que la chaudière fût placée dans les circonstances dont parle M. Galy-Cazalat, il faudrait qu'elle contînt une quantité de sel bien supérieure à celle que nous avons trouvée par nos calculs, puisque, après la dissolution de cette dernière quantité, il devrait rester encore assez de sel pour permettre au métal de prendre la température de 190° C., nécessaire pour que la décrépitation du sel non dissout pût avoir lieu.

Or, nous le demandons aux hommes qui ont quelque pratique des chaudières à vapeur, serait-il possible que la négligence d'un chauffeur allât jusqu'à laisser accumuler dans une chaudière une quantité de sel assez considérable pour produire un résultat semblable? Mille circonstances, telles que l'augmentation du combustible, la faible production de vapeur, etc., etc , n'attireraient-elles pas forcément son attention, et ne l'amèneraient-elles pas à nettoyer sa chaudière? On doit répondre que cela est impossible, et que jamais semblable quantité de sel ne se trouvera dans une chaudière.

Supposons cependant que ce cas se présente : serait-ce bien à la décrépitation du sel marin qu'il faudrait attribuer l'explosion qui pourrait en être la conséquence? Non, sans doute : elle serait due uniquement à ce que le sel interposé entre l'eau et le métal permettrait le sur-échauffement des parois, qui dans cet état se brûlent, se gercent et perdent les $^3/_4$ de leur force; elle serait due, en un mot, à des accidents semblables à ceux produits par la formation d'une couche *pierreuse*, et dont nous nous sommes occupés au chapitre VI. En effet, pour que l'explosion fût occasionnée par la transformation brusque en vapeur de l'eau de cristallisation, il fau-

drait admettre que *toute* l'eau de cristallisation contenue dans *toute* la masse du sel, se transformât en vapeur *spontanément;* or, c'est ce qui n'aura pas lieu ; les différentes couches de sel ayant des températures différentes, lorsque la première couche, la plus rapprochée du foyer, décrépitera, elle brisera les couches supérieures, et la vapeur qui se dégagera dans cet instant ne sera formée qu'avec l'eau de cristallisation de la première couche, et ne suffira pas pour rompre la chaudière : il arrivera donc que toute la masse du sel laissera échapper son eau de cristallisation, non spontanément, mais par parties, et par conséquent sans produire grand effet.

Rappelons aussi que plus les sels contiennent d'eau de cristallisation, plus leur dissolution est facile à obtenir ([1]).

Du reste, nous le répétons, le cas supposé par M. Galy-Cazalat n'arrivera jamais, aussi est-il le seul qui ait mis en avant cette hypothèse, qu'il n'a appuyée d'aucun fait.

Remarquons que nos calculs ont été faits dans des conditions défavorables, attendu qu'il y a toujours plus d'eau dans une chaudière de 6^{m}00 de longueur et de 1^{m}00 de diamètre, que nous n'en avons supposé, et attendu que nous nous sommes contentés de prendre le pouvoir dissolvant de l'eau à 109°,38 C., tandis qu'il est plus fort à une température plus élevée, qui se présente ordinairement dans les chaudières.

Malgré ces circonstances avantageuses pour l'hypothèse de M. Galy-Cazalat, nous sommes encore arrivés à des résultats tout à fait exagérés, relativement à ce qui a réellement lieu dans les chaudières. Nous ne discuterons donc pas plus longtemps cette dernière explication, quoique l'on pût encore produire bien des raisons pour la faire rejeter ; mais nous pensons que les calculs et les considérations qui précèdent établissent suffisamment qu'elle n'a pas le moindre fondement.

([1]) Thénard. — Traité de chimie élémentaire. — Bruxelles, 1829. — Ode et Wodon, page 372.

XIII.

THÉORIE DE M. JACQUEMET DE BORDEAUX.

Il y a quelques années, l'attention des savants et des ingénieurs a été vivement excitée par une nouvelle théorie des explosions, mise en avant par un manufacturier de Bordeaux, M. Jacquemet, exposée dans un mémoire publié en 1840[1], et qui, quoique basée sur un fait très-contestable, n'en a pas moins eu ses partisans.

C'est en expérimentant au moyen de la machine qui active son établissement manufacturier, que M. Jacquemet a été conduit à émettre une nouvelle explication des explosions, qui repose sur le fait suivant, qu'il dit avoir vérifié à différentes reprises :

« Lorsqu'il existe dans un générateur une pression inté-
» rieure supérieure à la pression atmosphérique, et que
» l'on donne une issue libre à la vapeur dans la partie supé-
» rieure de la chaudière, si la section est très-petite relative-
» ment à la surface de chauffe, il ne sortira que de la vapeur;
» si la section est un peu plus grande, il sortira en même temps
» que de la vapeur, une certaine quantité d'eau, qui de-
» vient d'autant plus abondante, que l'on augmente davantage
» la section; enfin à une limite de section inférieure encore à
» celle que l'on donne communément à chacune des soupa-
» pes ou à la plus petite des rondelles fusibles, il ne sort plus
» que de l'eau, le passage se trouve brusquement obstrué à
» la vapeur, et le niveau du mercure dans le manomètre,
» qui fléchissait au premier instant, remontait ensuite très-
» rapidement. »

Après avoir donné quelques développements relatifs à ce fait, voici la conséquence que M. Jacquemet en tire :

[1] Mémoire sur la cause des explosions dans les chaudières à vapeur et les moyens de les prévenir, par Ch. Jacquemet, manufacturier à Bordeaux. Paris, 1840. Imp. lith. de J. Desportes, à l'Institut royal des sourds-muets.

« L'on a déjà compris que si, dans une des circonstances » précédemment décrites, où la propagation d'une grande » quantité de chaleur est, non pas instantanée, mais assez » rapide, les issues ménagées qui seraient suffisantes pour » débiter, en un instant très-court, un volume énorme de » vapeurs, qui s'écoulent avec une vitesse de 5 à 600^m par » seconde, en empruntant à l'eau qui reste dans le géné- » rateur 550° de chaleur par kilogramme de vapeurs » formées, ne suffiront plus qu'à l'écoulement d'un petit » volume, s'il sort de l'eau dont la vitesse, sous la pression » intérieure de 5 atmosphères, ne sera plus que de 28^m par » seconde; et si, dans cette situation, la formation des nou- » velles vapeurs nécessaires pour saturer l'espace laissé » libre par cet écoulement, ne suffit pas pour absorber le » nouveau calorique qui se transmet pendant ce temps, la » température du liquide s'élèvera d'autant plus rapidement » que sa masse ira en décroissant, et la force élastique qui » en résultera doit nécessairement amener la rupture de la » chaudière. »

Ces deux extraits textuels du mémoire de M. Jacquemet exposent sa théorie qui peut se résumer en quelques mots de la manière suivante :

Si, dans une chaudière placée dans de certaines circonstances, l'on donne à la vapeur une large issue, il s'échappe, au lieu de vapeur, de l'eau qui se précipite tumultueusement vers cette ouverture, l'obstrue et empêche ainsi le dégagement de la vapeur. La quantité d'eau qui se trouve dans la chaudière diminue à mesure qu'il s'en échappe par l'ouverture, et l'action du foyer devient d'autant plus intense qu'elle agit sur une plus petite quantité d'eau. Elle permet donc, en peu d'instants, à la vapeur d'acquérir une tension qui occasionne l'explosion.

M. Jacquemet développe assez longuement cette théorie, qu'il appuie de calculs bien établis; il examine ensuite les moyens de prévenir la cause d'explosion qu'il expose, et

cette deuxième partie de son mémoire s'appliquant en même temps, d'une manière générale, aux précautions à prendre pour éviter l'abaissement du niveau de l'eau, renferme d'excellentes idées et est réellement digne d'attention.

Lorsque la théorie de M. Jacquemet parut en France, quelques savants s'empressèrent de l'admettre, sans discussion pour ainsi dire, et M. Lamé, professeur de physique à l'École Polytechnique, membre de la commission des machines à vapeur, écrivit à M. Kupffer, directeur des observatoires météorologiques de Russie, une lettre insérée dans le *Bulletin scientifique* de l'académie de St.-Pétersbourg, dans laquelle il fait le plus grand éloge du mémoire de M. Jacquemet, et dans laquelle il dit textuellement : « si, comme je » suis porté à le croire, l'auteur a trouvé la véritable cause » des explosions des chaudières à vapeur, cette découverte » ne saurait être trop tôt publiée. »

Nous pensons que M. Lamé s'est trop pressé de juger favorablement la théorie dont nous nous occupons, et qui est basée, comme nous l'avons vu, sur un phénomène dont lui-même, dans un paragraphe suivant de sa lettre, demande la vérification.

D'après M. Jacquemet, il arriverait, comme conséquence du fait qu'il a observé, qu'en donnant une large issue à l'écoulement de la vapeur, la pression dans la chaudière diminuerait d'abord, et ensuite augmenterait, ce qui serait indiqué par l'abaissement et l'exhaussement successif du mercure dans le manomètre.

Déjà un fait semblable avait été signalé il y a une vingtaine d'années. M. Gensoul, ingénieur très-distingué, avait rapporté l'explosion d'une chaudière qui eut lieu à Lyon, au moment où l'on venait d'ouvrir un large robinet de décharge [1], et MM. Tabareau, directeur de l'école de la Martinière, et Rey, professeur de chimie, ayant expérimenté sur une petite chaudière à haute pression, s'étaient assurés

[1] Annuaire de 1830. Notice de M. Arago.

'aussitôt qu'on ouvrait un robinet de décharge, la sou-pe se soulevait.

Mais depuis, des expériences sur une grande échelle ont faites en Amérique, en France et en Belgique, et le phé-mène sur lequel est basée l'explication de M. Jacquemet pu être reproduit.

En Amérique, l'Institut Franklin a fait onze expériences iquement dans le but de vérifier celle de MM. Tabareau et y, sans parvenir au même résultat que ces deux savants. Il serait trop long de les rapporter ici; mais disons cepen-nt qu'elles ont été faites avec tout le soin convenable, et e l'Institut Franklin a essayé, par tous moyens, de oduire une augmentation de pression dans une chaudière, ouvrant un robinet de décharge ou une soupape, dont ouvertures ont d'ailleurs subi les modifications néces-res pour que les expériences fussent complètes. La série ces onze expériences a constamment indiqué une diminu-n très-rapide dans la pression, diminution qui a continué e manifester tant que les ouvertures donnaient un écoule-nt à la vapeur [1].

En France, les essais de MM. Dulong et Arago ont abouti au me résultat [2].

En Belgique enfin, le gouvernement ayant appelé l'atten-i de la commission des procédés nouveaux sur le mé-re de M. Jacquemet, deux de nos plus savants ingénieurs, Devaux, inspecteur général des mines, et M. H. Maus, énieur des ponts et chaussées, ont été chargés de faire rapport sur ce mémoire. Dans ce rapport, inséré dans les ales des travaux publics de Belgique [3], et approuvé par commission des procédés nouveaux, MM. Devaux et

Janvier. — Traité complet des machines à vapeur, Bruxelles, 1838. man et comp^e. Voir les expériences de l'Institut Franklin.
) Annuaire du bureau des longitudes, 1830, notice scientifique de Arago.
) Annales des travaux publics de Belgique. — Bruxelles, 1844. — Vandooren, rimeur. — 3e volume. — 1re livraison.

Maus font connaître qu'ils ne peuvent admettre que la théorie de M. Jacquemet puisse expliquer d'une manière générale les explosions des machines à vapeur, « attendu
» que l'accroissement de tension de la vapeur dans la chau-
» dière produit par une grande émission de vapeur ; phéno-
» mène sur lequel est basée la nouvelle théorie des explo-
» sions, ne s'est pas manifesté dans les expériences qu'ils
» ont faites »

Après une pareille unanimité dans les expériences de l'Institut Franklin, de MM. Dulong et Arago et de MM. Devaux et Maus, on doit se rallier à l'opinion de MM. Arago et Péclet : ces savants pensent que les chaudières de MM. Tabareau, Rey et Jacquemet, se trouvaient dans des circonstances particulières, et c'est, en effet, ce que l'on a pu vérifier pour celle dont MM. Tabareau et Rey ont fait usage. (Elle était fort petite, était placée à nu sur le foyer, et les flammes l'enveloppaient de toutes parts).

Dans des chaudières qui produisent le phénomène dont nous venons de nous occuper, il peut arriver que la cause d'explosion indiquée par M. Jacquemet se présente et occasionne la destruction des appareils ; mais ce sont là de très-rares exceptions, dont on ne peut tirer aucune règle, et cette circonstance doit empêcher de classer parmi les causes générales d'explosion, celle que M. Jacquemet a cru découvrir et qui a fait l'objet de ce chapitre.

XIV.

DE LA FORMATION DE MÉLANGES GAZEUX EXPLOSIFS DANS LES CHAUDIÈRES.

En se rendant compte de ce qui se passe lorsqu'une explosion de chaudière a eu lieu, on s'apercevra aisément que, le plus souvent, il est extrêmement difficile de découvrir les

causes qui l'ont occasionnée, les circonstances qui l'ont accompagnée et l'état des appareils avant l'accident. En effet, les témoins des explosions sont ordinairement tués ; s'ils survivent, l'épouvante, inséparable d'un tel événement, ne leur a point permis de juger sainement des faits qui se sont passés sous leurs yeux, et les porte à les raconter d'une manière inexacte. Enfin les ouvriers chargés du soin des appareils qui ont fait explosion, affirment ordinairement que les chaudières étaient en parfait état, que les manomètres, soupapes, indicateurs, pompes, etc., ne laissaient rien à desirer, et cela afin d'éviter de graves reproches et les conséquences des négligences qu'ils commettent si souvent.

Si à ces circonstances l'on ajoute que les suites ordinaires des explosions sont la projection en éclats des chaudières, la destruction des fourneaux, la ruine des bâtiments, etc., etc., on voit combien la recherche de la cause provocatrice du désastre est entourée de difficultés.

C'est précisément cette espèce de mystère qui enveloppe tout ce qui a rapport aux explosions, et en même temps cette affirmation ordinaire que tout était en parfait état quelques minutes avant l'événement, affirmation à laquelle il faut bien se garder d'attacher trop d'importance, qui ont fait que, pour expliquer ces terribles accidents, on a présenté tant d'hypothèses différentes. L'on a recherché presque toujours des causes provocatrices très-compliquées, parce que les circonstances qui précèdent les explosions étant souvent dénaturées, leur donnent toujours, dans ce cas, une apparence tout à fait extraordinaire.

D'un autre côté, on a généralement négligé d'examiner attentivement et sérieusement l'énorme puissance mécanique qui peut se développer instantanément lorsqu'une chaudière, en faisant explosion, cesse de s'opposer à l'expansion de toute la vapeur contenue dans le liquide qu'elle comprimait, sous une pression de plusieurs atmosphères ; et, au lieu d'attribuer uniquement à cette puissance mécanique

bien suffisante, les effets épouvantables des explosions, on s'est efforcé de les faire dépendre de nouveaux agents de destruction qui seraient contenus dans les chaudières.

Le savant ingénieur des mines M. Combes, voulant démontrer que tous les effets destructeurs des explosions, quelque puissants qu'ils soient, tels que la projection de masses énormes à de grandes distances, la ruine complète d'ateliers, etc., peuvent avoir lieu sans une tension extraordinaire de la vapeur préalablement à l'accident, a appliqué le calcul aux circonstances qui ont accompagné l'explosion d'une chaudière de machine à vapeur, placée pour l'exploitation d'une carrière d'ardoises de la commune d'Avrillé, près d'Angers, et ses calculs, parfaitement établis, ne laissent aucun doute sur ce que l'explosion a eu lieu à une tension intérieure de la vapeur de 5 atmosphères seulement, quoique les effets de l'accident aient été tellement violents, qu'une masse de 675^k fût lancée à 190^m de distance, après avoir renversé sur son passage une cheminée en maçonnerie et rompu deux troncs d'arbres [1].

On peut donc se faire une idée de ce qui aurait eu lieu si l'explosion s'était manifestée à une pression de dix à douze atmosphères.

Nous renvoyons, du reste, aux calculs remarquables de M. Combes, que nous ne pouvons reproduire, mais qui, s'ils avaient été faits plus souvent dans des cas semblables, et présentés dans un plus grand nombre d'ouvrages, auraient probablement donné une meilleure direction aux idées de la plupart de ceux qui se sont occupés des explosions, et auraient empêché le développement de théories dans lesquelles, au lieu d'appliquer simplement nos connaissances réelles à la recherche des véritables causes d'explosion, on a été entraîné à rechercher des causes occultes et quelquefois bizarres.

Depuis quelque temps, la découverte de l'état électrique de

(1) Annales des mines de France, tome XX, 4e livraison de 1841.

la vapeur qui s'échappe des soupapes des chaudières, a fait reproduire une explication des explosions déjà développée depuis longtemps ([1]), et à laquelle le directeur du musée de Bruxelles, M. Jobard, a consacré un article inséré dans la 1re livraison, année 1842, du bulletin du musée de l'industrie ([2]).

Nous venons de dire « *depuis quelque temps la découverte* » de l'électricité de la vapeur qui s'échappe des soupapes des » chaudières ; » nous devons cependant rectifier cette phrase, en ce qu'elle est trop générale : il y a *longtemps* que l'on a remarqué que la vapeur d'eau, en se dégageant, donne des signes d'électricité, et nous allons le démontrer avant d'examiner la théorie développée par M. Jobard.

On sait combien les savants se sont occupés du fluide électrique, si répandu dans la nature et qui y joue un si grand rôle : on sait combien leurs travaux ont amené de découvertes dont la science s'est enrichie depuis un siècle.

Les phénomènes électriques qui se passent dans l'atmosphère ont surtout fait l'objet des investigations des physiciens, et Volta, en recherchant l'origine de l'électricité atmosphérique, attribuait déjà sa formation à *l'évaporation de l'eau à la surface de la terre* ([3]), opinion partagée par de Saussure. Priestley, dans le tome III de son histoire de l'électricité, fait mention des recherches qu'il a faites pour reconnaître si le fluide électrique ne pouvait point être produit par l'évaporation de l'eau. Volta, de Saussure, de la Place et Lavoisier, en faisant évaporer de l'eau dans des vases métalliques mis en communication avec un condensateur, obtinrent des signes manifestes d'électricité ([4]).

([1]) Voir la notice de M. Arago, annuaire de 1830.
([2]) Bulletin du musée de l'industrie publié à Bruxelles, par M. Jobard.
([3]) Journal de physique, tome XXIII, page 98, 1783.
([4]) Volta ayant réclamé la priorité de ces expériences, cette prétention fut contestée par de la Place et Lavoisier, et cette question donna lieu à une discussion qui n'eut jamais de solution complète. M. Dumas en fait mention dans ses *Leçons de philosophie chimique* (Bruxelles, 1839; Hauman et Cie, page 336), ainsi que M. Arago dans l'éloge historique de Volta. (Annales de chimie et de physique, volume 54).

On voit donc que l'état électrique de la vapeur était connu depuis longtemps ; mais c'est surtout depuis quelques années que l'on s'en est particulièrement occupé et que l'on a fait des recherches et des expériences qui ont jeté une vive lumière sur ce phénomène.

A une époque plus récente que celle des Volta, Lavoisier, de la Place, etc., M. Pouillet, dans son deuxième mémoire sur l'origine de l'électricité atmosphérique, inséré dans le tome XXXVI des Annales de chimie et de physique ([1]), a rendu compte d'expériences qu'il a faites, et dans lesquelles, en laissant tomber, dans un creuset de platine porté à une température plus au moins élevée, de 40° à 50° C. jusqu'au rouge ou au rouge blanc, mis en communication avec un condensateur, quelques gouttes d'une eau chargée de sels en dissolution, il a constaté qu'il se développait, au moment de l'évaporation, de l'électricité qui chargeait le condensateur.

M. Pouillet a attribué ce fait à l'action chimique qui a lieu lors de l'évaporation des éléments volatils contenus dans l'eau dont il s'est servi, et qui, comme nous l'avons dit, contenait des sels en dissolution. Le même savant a tiré de ses expériences la conclusion que la simple évaporation de l'eau pure ne suffit pas pour qu'il y ait production d'électricité, et qu'il faut nécessairement qu'elle soit accompagnée d'une action chimique ([2]). Mais comme l'ont fait remarquer MM. Marcet ([3]) et Lamé ([4]), l'eau ordinaire n'est jamais pure, elle contient toujours quelques sels, et l'on peut donc dire que, lorsque l'on fait évaporer de l'eau ordinaire, il y a production d'électricité, puisqu'il y a action chimique.

Il résulte de cet exposé que c'est à tort que l'on considérait la découverte de l'état électrique dans lequel se trouve

([1]) Annales de chimie et de physique, tome 36, année 1827, page 1.

([2]) Éléments de physique expérimentale et de météorologie par M. Pouillet. Électro-magnétisme, section IV, chap. IV, page 201. Bruxelles, Hauman et Cie.

([3]) Cours de physique expérimentale, Genève, 1832. Cherbuliez, page 294.

([4]) Cours de physique de l'École Polytechnique, 1837. Bruxelles, Méline et Cans, page 50.

la vapeur d'eau, au moment où elle sort d'une chaudière, comme *récente*, puisqu'elle n'est que la conséquence et la reproduction, sur une grande échelle, des expériences de Volta, de Saussure, de Lavoisier, de de la Place et de Pouillet.

Nous ne pouvons examiner ici si cet état électrique est dû seulement à l'action chimique, ou si le frottement de la vapeur contre les parois de l'ouverture de la soupape et l'expansion subite de la vapeur, au moment de la diminution de pression, ne jouent pas un grand rôle dans la production de l'électricité. Disons seulement que, depuis quelque temps, les expériences de MM. Amstrong (1), Peltier (2), Tassin, fabricant à Liége, et Baron Séguier (3), ne laissent plus aucun doute sur le développement du fluide électrique dans la vapeur des chaudières.

M. Jobard a combiné cette circonstance avec l'hypothèse de la formation de mélanges explosifs dans les chaudières, et a basé sur cette combinaison la théorie dont nous avons fait mention ci-dessus, et qu'il énonce de la manière suivante :

« Quand la pompe alimentaire ne fournit pas d'eau, elle
» peut fournir de l'air, et comme l'eau de la chaudière s'a-
» baisse en même temps, et que les parois exposées à la
» flamme rougissent, ces parois décomposent la vapeur en
» oxygène qui s'unit au fer, et en hydrogène qui, mêlé à l'air,
» produit un mélange explosif plus au moins parfait, lequel
» s'allume aux parois rougies, ou prend feu au moyen d'une
» étincelle électrique occasionnée par le soulèvement d'une
» soupape de sûreté faisant fonction d'électrophore. »

(1) Philos. Magaz, vol. XVII, page 374, 1840.

(2) Comptes rendus de l'Académie des sciences, tome II, 1840, page 908. Bulletin de l'académie royale de Bruxelles, séance du 1er avril 1843, t. X, page 318. — Idem. Lettre de M. Peltier adressée à M. Quetelet, séance du 3 août 1844, tome XI, page 34. — Lettre adressée à M. de Gerlache, directeur de l'académie de Bruxelles, par M. Peltier.

(3) Comptes rendus de l'Académie des sciences, tome XIII.

Remarquons d'abord que, d'après les prémisses de la théorie de M. Jobard, la chaudière se trouve, indépendamment de la formation de mélanges gazeux explosifs, dans la position la plus critique et la plus dangereuse, puisqu'il suppose un abaissement du niveau de l'eau et un feu assez fort pour amener à l'état rouge les parois qui ne sont plus en contact avec le liquide.

Nous avons vu précédemment que ces circonstances seules étaient bien suffisantes pour occasionner une explosion, sans l'intervention d'autres agents que l'eau et la vapeur.

Il est positif que, dans certains cas, il se forme de l'hydrogène dans les chaudières à vapeur. Au chapitre V de ce mémoire, nous avons vu que la décomposition des sulfates d'alumine et de peroxyde de fer, contenus dans l'eau, mettant l'acide sulfurique en présence du métal des chaudières, il se forme un sulfate de protoxyde de fer, avec *dégagement d'hydrogène*; mais c'est là une circonstance toute particulière, puisqu'elle tient à la composition de l'eau alimentaire, qui varie d'un lieu à un autre.

Les parois métalliques rougies décomposant la vapeur d'eau, il pourra donc y avoir, lorsqu'elles seront dans cet état, dégagement d'hydrogène, le métal s'emparant de l'oxygène de l'eau décomposée.

Il existe d'ailleurs des exemples de production d'hydrogène dans les chaudières, et M. Péclet (*) rapporte que M. le baron Seguier a reconnu que ce gaz, mêlé à de la vapeur d'eau, s'échappait d'une chaudière qu'il visitait à Paris, dans le faubourg St.-Antoine.

Mais l'hydrogène seul ne saurait détoner : il faut pour cela qu'il soit mêlé, soit à de l'oxygène soit à de l'air.

M. Jobard suppose que l'air nécessaire pour produire le mélange détonant sera amené par un dérangement de la pompe alimentaire; nous admettons que cette circonstance

(*) Péclet, traité de la chaleur, 1843, Paris, Hachette, page 444.

puisse se présenter, attendu que nous en avons été témoins à différentes reprises; mais cet air arrivant dans une chaudière dont les parois rougies décomposent la vapeur d'eau, ne subira-t-il pas lui-même l'action de ces parois? Le métal à l'état rouge ne s'emparera-t-il pas de son oxygène? Évidemment, oui. Non-seulement cet effet se produira, mais il aura lieu plus tôt que la décomposition de la vapeur d'eau, qui sera arrêtée par la présence de l'air. L'oxygène de l'air se portant sur le métal, l'azote se dégagera seul, et le mélange qui sera formé dans la chaudière, n'étant donc composé que d'hydrogène et d'azote, ne sera point détonant.

On pourrait objecter que si, après le dégagement de l'hydrogène, la température des parois s'abaissait, tandis que la pompe alimentaire continuerait à donner de l'air qui ne serait plus décomposé, il pourrait alors se former un mélange de l'air introduit, depuis l'abaissement de la température des parois, avec l'hydrogène précédemment formé, renfermé dans la chaudière. Si, dans ces circonstances, le métal rougit de nouveau, ou si une étincelle électrique se produit, il pourrait donc y avoir explosion.

Mais pour qui sait ce qui se passe dans les chaudières, cet effet ne peut avoir lieu. Du moment que les parois ne seront plus rouges, la décomposition de la vapeur d'eau sera arrêtée, et l'hydrogène formé précédemment aura eu tout le temps de se rendre dans le cylindre avec la vapeur et de s'échapper, avant que la pompe alimentaire ait fourni assez d'air pour former un mélange détonant.

Dans tous les cas, la quantité d'hydrogène formée ne sera jamais en proportion avec la quantité de vapeur produite, et le mélange détonant qui pourrait, par hasard, se former dans une chaudière en activité, se trouvera toujours en présence d'une si grande quantité de vapeur, que ses effets, dans le cas de son inflammation, ne seront jamais que de peu d'importance.

Il faut bien remarquer aussi que le mélange de l'air et de

l'hydrogène, pour être détonant, doit être fait dans de ce[r]taines proportions, et que l'addition d'une quantité déte[r]minée d'azote annihile complétement l'effet de l'inflamma[-]tion d'un mélange semblable.

En effet, d'après Davy et M. Lefroy (1), il suffit d'ajout[er] une partie d'azote à sept parties d'un mélange détonant, po[ur] empêcher son explosion, et pour le faire brûler lenteme[nt] avec une légère flamme bleue. L'acide carbonique a une a[c]tion semblable.

Or, d'après ce que nous avons dit plus haut de l'actio[n] des parois rougies sur l'air amené dans la chaudière on ne peut douter du dégagement d'une assez grande quanti[té] d'azote, et il arrivera, par conséquent, dans le cas où u[ne] partie de l'air n'étant pas altérée par le métal, il se forme[-]rait un mélange d'hydrogène et d'air, que ce mélange [se] trouvera toujours affaibli ou même annihilé, soit par [la] vapeur d'eau, soit par l'azote.

La présence de l'air pourrait encore être attribuée à l'e[au] d'alimentation, quand elle est *froide*, et qui alors en co[n]tient toujours un peu; mais, d'après ce qui a été dit préc[é]demment, nous ne pouvons attacher aucune importance [à] cette circonstance.

M. Jobard, en développant sa théorie, rapporte les exp[é]riences bien connues de Davy, sur l'inflammation du m[é]lange de l'hydrogène proto-carboné (carbure tétra-hydr[i]que, H^4C.) avec l'air, et sur les proportions de ce mélan[ge] qui occasionnent les plus fortes détonations. En compara[nt] les effets du mélange d'air et d'hydrogène, ou d'hydrogè[ne] proto-carboné, il arrive à conclure que le mélange de de[ux] parties d'air et d'une d'hydrogène pur, est celui qui pe[ut] donner lieu, par son inflammation, aux plus violents effets, [et] il dit que c'est ce dernier mélange qui se forme ordinair[e]ment dans les chaudières.

(1) Annales des mines de France, année 1816, tome Ier. Notices relative[s à] la lampe de sûreté de Davy, etc.; par M. Lefroy, ingénieur des mines, page 19

Nous ne pouvons admettre cette conclusion, attendu que rien ne prouve que, s'il y a formation de mélange explosif, il sera composé plutôt de deux parties d'air et d'une d'hydrogène pur, que de toute autre proportion, attendu que cela dépend de mille circonstances impossibles à déterminer, telles que la quantité d'air fournie par la pompe, en plus ou moins mauvais état; la partie de la surface des parois métalliques, qui se trouvera à une température assez élevée pour décomposer la vapeur d'eau, etc.

M. Jobard suppose aussi que l'oxyde gazeux de carbone et l'hydrogène bi-carboné ou gaz oléfiant, pourront se former dans les chaudières, par suite de la décomposition des matières organiques contenues, soit dans les chaudières, soit dans l'eau, telles que les pommes de terre, que l'on y place pour éviter les incrustations, les enduits gras, dont on recouvre quelquefois les parois pour parvenir au même but, etc.

Nous admettrons encore cette formation; mais nous ferons remarquer que, lorsque l'hydrogène bi-carboné ou l'oxyde gazeux de carbone se dégageront en présence des parois rougies, les circonstances signalées ci-dessus se représenteront encore, et l'azote, d'une part, ou l'oxyde carbonique, d'autre part, empêcheront la formation de mélanges explosifs, en annihilant ceux qui pourraient être produits par l'air avec l'hydrogène bi-carboné ou l'oxyde gazeux de carbone.

Nous croyons avoir démontré théoriquement que la formation de l'hydrogène dans les chaudières, et le mélange de ce gaz avec l'air produit par un dérangement de la pompe alimentaire, impliquent une véritable contradiction, puisque l'action des parois rougies, nécessaire pour occasionner la décomposition de la vapeur d'eau, aura pour effet aussi de s'emparer de l'oxygène de l'air amené par la pompe, et, en supposant même qu'elle ne suffise pas pour s'emparer de l'oxygène de toute la quantité d'air introduite, elle produira au moins assez d'azote pour empêcher la détonation du mélange d'air et d'hydrogène.

En examinant ce qui se passe dans la pratique, on doit convenir que, si la formation de mélanges détonants et leur inflammation étaient si faciles, il arriverait à tous moment que ces mélanges produiraient au moins des détonations partielles : or, c'est ce qui n'a jamais été observé, malgré les nombreuses recherches et les nombreuses expériences qui ont été faites sur les chaudières par les savants les plus distingués.

Il est vrai que M. Jobard cite une explosion arrivée à Gand chez Mme veuve Louïsberg, en 1825, et qui eut lieu lorsque le feu était éteint depuis deux jours, au moment où l chauffeur, une lampe à la main, allait pénétrer dans l chaudière par le trou de l'homme, qu'il venait de débou lonner.

Mais cette explosion ne prouve qu'une chose, que nou admettons, la formation de l'hydrogène, de l'hydrogèn bi-carboné ou de l'oxyde gazeux de carbone, et la détonatio du mélange de ces gaz avec l'air atmosphérique, qui, par suit de l'ouverture du trou de l'homme, s'est trouvé tout natu rellement en présence.

D'après les considérations théoriques et pratiques que nou avons présentées ci-dessus, nous devons nous refuser com plétement à admettre la possibilité de mélanges détonant dans les chaudières, et repousser l'explication des explosior qui repose sur cette formation.

Nous devons ajouter que l'inflammation au moyen de l'éle tricité de mélanges semblables, ne serait pas produite aus facilement que semble le croire M. Jobard. Il est vrai qu l'état électrique de la vapeur d'eau qui s'échappe d'une so pape, permet d'en tirer des étincelles; mais c'est par différent procédés, et en remplissant certaines conditions qui ne s présentent pas dans la pratique, que l'on parvient à ce résul tat, qui a lieu si rarement en circonstances ordinaires, qu jusqu'en 1840, il a échappé aux savants, aux ingénieurs e aux habiles expérimentateurs qui se sont occupés des chau dières à vapeur, quoique les expériences de Volta, de de Sau

sure, de Lavoisier, de de la Place et de Pouillet, eussent dû le leur faire pressentir.

C'est à la soupape de sûreté que M. Jobard veut faire jouer un rôle pour le dégagement de l'électricité; il la considère comme un véritable électrophore, et il suppose pour cela que des matières mucilagineuses, huileuses et résineuses, ont été déposées sur les rebords du disque métallique, et desséchées par la haute température de la chaudière.

Nous ferons remarquer que la haute température qu'il suppose dans la chaudière, et qui doit s'élever au moins à 500° C. pour les parois qui sont à l'état rouge, a pour effet, non de dessécher les matières mucilagineuses, huileuses et résineuses, mais de les décomposer (¹). Aussi les dépôts ou incrustations qui se forment quelquefois sur les disques et à la gorge des soupapes, sont-ils presque toujours composés de sels de chaux, et non de matières provenant de corps organiques.

Si l'on compare une soupape à un électrophore ordinaire, on doit convenir que, même en voulant faire de la soupape un véritable électrophore, en l'enduisant de matières résineuses, on aurait assez de peine à réussir sans lui faire subir des modifications très-sensibles. Et cependant, M. Jobard admet que cette espèce de transformation ait lieu sans l'intervention d'aucune cause étrangère, par des circonstances occasionnées par la chaudière en activité.

On sait que l'électrophore repose sur le principe de l'électricité par influence; que cet intrument se compose d'un gateau de résine, sur lequel on place un plateau de métal garni d'un manche isolant, et que, pour s'en servir, on commence par électriser toute la surface de la résine, en la battant avec une peau de chat; qu'ensuite on en tire avec le doigt une étincelle, pour faire écouler l'électricité résineuse dans le sol.

(¹) Thénard, traité de chimie élémentaire théorique et pratique, tome II, page 76. Des huiles, page 87. Des résines, page 73. Des gommes. Édition de J. De Mat, Bruxelles, 1830.

et que le plateau supérieur se trouve alors chargé d'élec cité vitrée : on sait que sa construction demande certai précautions, et que certaines conditions doivent être remp afin d'avoir un instrument convenable.

Or, eût-on volontairement enduit de matières résineus mucilagineuses, une soupape *placée sur une chaudière*, p en faire un électrophore qui serait toujours imparfait, aurait-il production d'une étincelle électrique, lorsqu'o soulèverait? Nous ne le pensons pas. Il est vrai que la vap se trouve à l'état électrique quand elle s'échappe par la s pape de la chaudière; mais cette électricité est-elle déjà veloppée, dans la chaudière, avec autant d'intensité que lo que la vapeur s'échappe? M. Peltier ne le pense pas Quoi qu'il en soit, ces phénomènes ne sont point encore s fisamment connus; mais nous ne voyons aucune circonsta bien positive qui puisse faire que le disque de la soupap charge d'électricité, comme le gateau de résine de l'élect phore, que l'on bat avec la peau de chat. Nous voyons, contraire, que la soupape est toujours entourée d'humidi que le levier qui sert à la soulever, loin d'être isolant com le manche du plateau de l'électrophore, est un excellent c ducteur; mais nous voyons, en un mot, que la soup ordinaire diffère essentiellement de l'instrument auquel c voulu l'assimiler.

La théorie reproduite et développée par M. Jobard peut donc point être admise, attendu qu'elle repose sur ensemble de faits et d'hypothèses en désaccord complet, n seulement avec nos connaissances chimiques et physiqu mais encore avec nos connaissances pratiques sur les ch dières à vapeur.

Nous ne pouvons terminer ce qui concerne cette thé sans faire remarquer qu'au chapitre XII de ce mémoire, n avons rendu compte d'une explication donnée par M. Ga

(1) Bulletin de l'académie royale de Bruxelles. Lettre de M. Pelti M. de Gerlache, tome XI, page 34. Séance du 3 août 1844.

Cazalat, qui était basée sur le manque d'air dans les chaudières, tandis qu'une circonstance contraire, la présence de l'air, est indispensable pour l'explication de M. Jobard qui vient d'être exposée.

C'est là un des nombreux exemples des opinions divergentes des auteurs sur les phénomènes dont nous nous occupons.

XV.

EXPLICATIONS DES EXPLOSIONS, DONNÉES PAR MM. POUILLET ET GENSOUL.

M. Combes, dans les Annales des mines de France, tome XX ([1]), rapporte que « M. Pouillet, dans ses leçons » au conservatoire des arts et métiers, a considéré le travail » moteur que la vapeur contenue dans l'eau portée à une » température supérieure à 100° est susceptible de développer, comme pouvant expliquer ces ruptures de chaudières » qui ont suivi l'ouverture d'une large issue à la vapeur. Il » pense que l'eau projetée avec violence contre les parois » par la force expansive de la vapeur intérieure, au moment » où la pression sur la surface aqueuse est tout à coup » supprimée par l'ouverture d'une issue, peut rompre ces » parois. »

M. Combes dit tenir cette explication de M. Pouillet lui-même, et, du reste, il ne la discute pas.

Si le fait annoncé par le savant professeur était exact, on comprendrait les résultats obtenus par MM. Tabareau et Rey, en opérant sur une chaudière dont la soupape se levait lorsqu'ils donnaient un écoulement à la vapeur par un tuyau de décharge : ce serait alors le choc produit par le liquide projeté, par la brusque expansion de la vapeur, contre la soupape, qui la soulèverait ; mais nous avons vu que l'expé-

([1]) Quatrième livraison de 1841.

rience de MM. Tabareau et Rey n'a pu être reproduite ni en France, ni en Amérique, ni en Belgique; nous avons vu aussi qu'ils avaient employé une chaudière placée dans des conditions toutes particulières, pour amener le résultat que l'on n'a pas pu observer de nouveau.

D'après cela, nous ne pouvons admettre complétement les idées de M. Pouillet; toutefois nous pensons qu'il y a évidemment choc produit, au moment de l'ouverture d'une soupape ou d'un tuyau de décharge, l'expérience de l'Institut Franklin citée au chapitre IX de ce mémoire, démontrant que l'effet de cette ouverture est de produire immédiatement une ébullition tumultueuse, le soulèvement et la projection du liquide contre les parois; mais nous pensons que le choc de l'eau *disséminée et mêlée à la vapeur* ne peut produire un effet dynamique bien important.

Comme les résultats obtenus par MM. Tabareau et Rey n'ont point été vérifiés pour des pressions très-élevées, il se peut que le liquide d'une chaudière étant à une très-haute température, il se produise, au moment d'une brusque diminution de pression, un choc qui brise les parois, surtout s'il existe des déchirures ou des fissures par lesquelles s'échappe la vapeur; car alors le choc agira sur une paroi altérée, et l'égalité de résistance provenant de l'emploi ordinaire des surfaces cylindriques, aura disparu; aussi voit-on souvent des explosions précédées de déchirures.

M. Gensoul, ingénieur lyonnais, a fait une autre hypothèse pour expliquer les explosions précédées de l'ouverture d'une soupape. Il rappelle que, lorsqu'un tuyau métallique est rempli d'un liquide très-comprimé, il suffit d'un léger coup sec pour le rompre, et il assimile les chaudières dans lesquelles la vapeur se trouve à une tension très-forte, à ces tuyaux métalliques dans l'état où ils peuvent se briser ainsi. Or, pour trouver le choc ou le coup sec nécessaire pour provoquer l'explosion, il se sert de la soupape dont l'ouverture, en procurant brusquement un écoulement à la vapeur, produi

immédiatement un mouvement de recul dans la partie qui lui est opposée. Selon M. Gensoul, cette réaction agissant comme un choc suffirait pour occasionner immédiatement la rupture des parois.

Nous avons encore ici un exemple de conclusions tirées de faits qui n'ont point de rapports suffisants avec ceux qui se passent dans les chaudières, attendu que la comparaison de M. Gensoul n'est point exacte.

En effet, il y a dans les chaudières de la vapeur très-élastique et un liquide que l'on peut considérer comme incompressible, tandis que, dans les tuyaux métalliques, il n'y a que l'eau soumise à une forte pression, qui ne peut s'échapper ni céder par aucun côté; l'effet d'un coup sec sur ces tuyaux est donc supporté et transmis par toute la masse liquide, tandis qu'au moment de l'ouverture de la soupape d'une chaudière, il y a bien un mouvement de recul, mais il y a aussi une ébullition tumultueuse qui doit en atténuer les effets, et le liquide cède au choc, la vapeur qui le comprime ne lui présentant point une résistance suffisante pour empêcher son déplacement.

Dans tous les cas, les deux explications qui viennent d'être exposées exigent toutes deux qu'il y ait une forte tension de la vapeur dans les chaudières, et elles ne pourraient s'appliquer aux explosions qui ont lieu fréquemment sans que cette circonstance se présente.

XVI.

DES ÉCRASEMENTS DES CHAUDIÈRES.

Quoique ce mémoire ne doive traiter que des explosions proprement dites, nous devons cependant faire mention d'un genre d'accident qui n'a point ordinairement les graves conséquences des explosions, mais qui, en définitive, met les

chaudières hors d'usage. Nous voulons parler des écrasements de ces appareils.

L'écrasement d'une chaudière a lieu lorsque, par une circonstance quelconque, il s'est produit un vide à l'intérieur, et que la pression atmosphérique n'étant plus équilibrée, agit librement sur les parois extérieures. Le vide peut être produit, soit lorsque la machine a été arrêtée par un refroidissement lent de la chaudière, qui amène la condensation de la vapeur, soit par un refroidissement brusque occasionné par la projection dans la chaudière d'une certaine quantité d'eau froide : c'est surtout dans ce cas que l'écrasement est imminent. On obvie facilement à ces accidents, dont le vide opéré dans la chaudière est évidemment la seule cause, en plaçant une soupape qui s'ouvre de l'extérieur à l'intérieur, et qui rétablit l'équilibre, dans le cas où la pression atmosphérique dépasse la tension à l'intérieur de la chaudière. Cette soupape s'appelle *le Reniflard* ou la soupape à air.

Nous avons parlé au chapitre VII des écrasements auxquels les cylindres intérieurs sont sujets : nous n'avons donc plus à nous en occuper.

XVII.

DE DEUX EFFETS PARTICULIERS DES EXPLOSIONS.

Outre la projection des matériaux dont les chaudières se composent, la destruction des machines et des ateliers, la mort des ouvriers, etc., les explosions donnent encore lieu à des effets très-extraordinaires que nous devons exposer, en les expliquant autant que possible.

On a remarqué d'une manière indubitable que plusieurs chaudières *avaient éclaté en l'air,* c'est-à-dire avaient été soulevées de leur siége, et que leur explosion n'avait eu lieu qu'à plusieurs pieds au-dessus du sol. Cet effet très-singu-

lier peut s'expliquer en supposant que la chaudière a commencé par se déchirer dans sa partie inférieure, et que la vapeur en s'échappant a produit un effet de réaction bien suffisant pour enlever la chaudière et la projeter en l'air, où l'expansion de la vapeur continuant à s'exercer ne tarde pas à la briser en éclats. Cette réaction de la vapeur, dont nous avons déjà parlé en nous occupant de l'hypothèse de M. Gensoul, est incontestable : il existe une petite machine inventée par Hiéron d'Alexandrie, qui vivait 120 ans avant notre ère, et qui est fondée sur ce principe([1]). C'est en vertu de cette réaction, qui a lieu pour les liquides, les gaz et les vapeurs, que les pièces d'artillerie reculent au moment du dégagement des gaz qui doivent lancer les projectiles : c'est en vertu de cette réaction que les fusées sont projetées en l'air.

Il va sans dire que, pour que la chaudière soit projetée tout entière en l'air, il faut que la déchirure qui précède l'explosion se manifeste dans la paroi inférieure. Si elle avait lieu à la partie supérieure, elle n'aurait au contraire pour effet que de l'enfoncer davantage dans la maçonnerie.

Il arrive aussi très-fréquemment que les chaudières soient brisées suivant des lignes régulières et horizontales, quoique le métal des parois suivant ces lignes présente des différences d'épaisseur très-sensibles. On a pu remarquer que ces lignes correspondaient presque toujours au niveau de l'eau dans les chaudières au moment de l'explosion, et cet effet paraîtra très-naturel, si l'on admet comme nous que la plupart des explosions sont occasionnées par l'abaissement du niveau de l'eau et le sur-échauffement des parois. Il est évident que, dans un cas semblable, la ligne de niveau de l'eau sera aussi la ligne de rupture des parois, puisqu'elle divisera la chaudière en deux parties bien distinctes : l'une en contact avec le liquide et qui ne s'échauffera pas considérable-

([1]) Cette machine se trouve au musée de l'industrie, à Bruxelles, ainsi qu'un grand nombre d'autres petits appareils qui ne sont que des modifications plus ou moins ingénieuses du premier.

ment; l'autre en contact seulement avec la vapeur et qui rougira; cette différence de température entraînera une différence de résistance, et c'est surtout à la hauteur du niveau de l'eau que le métal subira des altérations et des tiraillements qui lui enlèveront beaucoup de sa force.

XVIII.

IGNORANCE ET NÉGLIGENCE DES PRÉPOSÉS A LA SURVEILLANCE DES CHAUDIÈRES.

Nous sommes arrivés à la cause la plus féconde des explosions des chaudières des machines à vapeur, et malheureusement c'est celle qui échappe le plus complétement à la surveillance de l'administration.

Un bon chauffeur, connaissant les précautions à prendre pour la conduite du feu, veillant attentivement à l'alimentation et aux soupapes, un chauffeur sobre, prudent et actif, est excessivement rare, et l'on ne fait rien, pour ainsi dire, pour en former.

Si un fabricant se décide à employer une machine à vapeur, il en confie ordinairement la direction à un ouvrier dont il est satisfait, mais qui, ne pouvant connaître suffisamment les nouvelles obligations qu'il doit remplir, commet forcément des imprudences, et compromet, en faisant son apprentissage, sa propre vie, celle de ses camarades et la fortune de son chef.

Si l'on récapitule toutes les causes d'explosion que nous avons exposées, on doit reconnaître qu'il en est fort peu qu'une surveillance active ne prévienne suffisamment. Sauf celles qui résultent de défauts de construction, que les épreuves ne font pas toujours découvrir et qui échappent quelquefois aux yeux les plus exercés, des soins assidus, un

nettoyement fréquent des chaudières, un examen continuel des moyens d'alimentation, du flotteur et des soupapes, doivent les faire reconnaître, et une fois le danger signalé, il est ordinairement facile de l'éviter.

Nous rapporterons un fait qui démontre l'importance de bons chauffeurs. Au chemin de fer belge, les conducteurs de locomotives ont tous une instruction pratique assez étendue, et ne sont admis qu'après des épreuves rigoureuses, bien nécessaires puisque la vie des voyageurs leur est réellement confiée; aussi depuis 1832, il n'y a eu qu'une explosion de locomotive seulement, ainsi que le constate le rapport de M. le Ministre des travaux publics aux chambres législatives, en date du 2 juin 1842 ([1]).

Cependant les chaudières des locomotives sont moins résistantes que celles employées dans les usines et établissements manufacturiers ([2]), elles sont plus légères, d'une construction plus compliquée et par conséquent d'autant plus exposées à des accidents sérieux; mais le conducteur ne perd pas de vue la chaudière de sa locomotive : il a devant lui un tube indicateur qui le prévient immédiatement des variations du niveau de l'eau; ses connaissances le rendent prudent, et il sait qu'il serait la première victime de sa négligence.

Nous ne pouvons donc assez nous appesantir sur la nécessité de n'employer que des ouvriers intelligents, sobres, et ayant les connaissances qui leur sont indispensables pour la surveillance et le soin des machines à vapeur. L'exemple que nous avons cité plus haut de l'influence de l'emploi

([1]) Chemin de fer. — Compte-rendu des opérations effectuées jusqu'au 1er décembre 1841. Bruxelles, Em. Devroye et Cie, 1842.

([2]) Cette différence de résistance est bien reconnue; aussi un arrêté royal du 28 octobre 1840, en Belgique, autorise l'épreuve des chaudières des locomotives à une pression seulement de *moitié* en sus de la pression effective la plus haute qu'elles doivent supporter, tandis que, pour les chaudières ordinaires, cette épreuve se fait à une pression *triple* de celle qu'elles doivent supporter.

d'ouvriers convenables est frappant : il en démontre toute l'importance.

Nous pensons qu'il serait bien à desirer qu'une instruction *pratique* pour la conduite des machines à vapeur, à la portée des ouvriers, fût rédigée par les soins du gouvernement, et que l'on forçât les propriétaires de ces machines à l'afficher dans les locaux où elles se trouvent placées. Il serait facile ainsi de répandre dans les ateliers les connaissances qui y manquent ; les propriétaires eux-mêmes, qui le plus souvent ignorent la gravité des imprudences et des négligences qui se commettent sous leurs yeux, deviendraient plus circonspects, et les ingénieurs, dans les inspections qu'ils doivent faire, pourraient facilement s'assurer si cette instruction pratique est connue, comprise et mise à exécution. Ce serait là une disposition qui n'aurait rien de vexatoire, et qui insensiblement, nous le pensons du moins, produirait le meilleur résultat.

Mais nous nous écartons de notre sujet : on nous pardonnera, nous l'espérons, en remarquant que nous ne l'avons fait que pour conseiller une véritable mesure humanitaire, et dont il est à propos de faire mention, attendu que, avant peu d'années, la Belgique, comme vient de le faire la France, revisera sans doute la législation sur les machines à vapeur, qui réclame encore quelques modifications ([1]).

([1]) On sait que le gouvernement belge est déjà entré dans cette voie. Un arrêté royal du 8 octobre 1842 a autorisé l'emploi de la haute pression à bord des bateaux à vapeur, interdit par le gouvernement précédent par un arrêté royal du 19 septembre 1829, provoqué par l'explosion du bateau à vapeur le Mercure, arrivé à Gand la même année.

ARTILLERIE.

EXPÉRIENCES FAITES EN 1844

AVEC DEUX CANONS DE 24, MODÈLE ALLÉGÉ NÉERLANDAIS, EN FONTE DE FER :

NOTE DE M. LE LIEUTENANT-GÉNÉRAL BARON ÉVAIN.

Le prix élevé du bronze est cause que l'artillerie attache une importance extrême à tout ce qui vient lui faire entrevoir la possibilité de substituer la fonte de fer à ce métal dans la fabrication des bouches à feu.

Avant que les propriétés des gargousses allongées fussent bien connues, la solution de cette question était, sans doute, attendue plus impatiemment qu'aujourd'hui ; car les canons en bronze de gros calibre, outre l'inconvénient de la grande dépense, présentaient encore celui d'être mis hors de service par quelques coups, ou du moins, de perdre promptement une grande partie de la justesse de leur tir, par les dégradations qui se produisaient dans l'arme, soit par les battements du projectile, soit par l'action des gaz de la poudre ; nous croyons néanmoins qu'on n'accueillera pas sans intérêt les renseignements que nous allons communiquer. On y verra, non-seulement la preuve, que l'artillerie belge a fait un grand pas vers le but auquel on tend partout depuis si longtemps, mais aussi quelques industries y trouveront peut-être des indications dont elles pourront tirer parti. La fonte de fer a déjà une foule d'usages : elle en aura beaucoup plus encore, le jour où l'on pourra l'employer sans crainte dans les circonstances où elle doit subir des efforts brusques ou des vibrations souvent répétées ; or,

les qualités qu'elle doit avoir à cette fin, sont aussi celles qui conviennent à la fabrication des bouches à feu, et les recherches de l'artillerie, dirigées en grande partie vers l'amélioration des fontes, ne doivent donc pas rester connues d'elle seule.

Les expériences dont nous nous proposons de faire connaître les résultats les plus saillants, ont été faites à la fonderie royale de Liége, à l'occasion d'un marché passé avec le gouvernement des Pays-Bas pour la fourniture d'un grand nombre de canons de 24, d'un modèle nouveau, proposé pour l'armement des places, par M. le lieutenant-colonel De Bruyn, chef de la direction d'artillerie au ministère de la guerre du royaume des Pays-Bas. Cet officier, considérant que la force vive des boulets de 24 lancés à la charge du tiers ou du quart de leur poids, est rarement utilisée contre les travaux qui s'exécutent devant une ville assiégée, n'a donné à ses bouches à feu que les épaisseurs qui lui paraissaient nécessaires pour les faire résister, d'une manière continue, à la charge de 2k (1/6 du poids du boulet). Ces épaisseurs diffèrent fort peu de celles du canon de 12 de place actuel. Il a obtenu par là une réduction de poids considérable sur les canons du même calibre en usage jusqu'aujourd'hui dans l'artillerie néerlandaise, réduction à laquelle il attache une haute importance et dont les avantages ne seraient contestés par personne, s'il était suffisamment prouvé qu'on peut les acquérir sans rien sacrifier de l'efficacité des feux (*).

M. De Bruyn jouit dans son pays d'une réputation que

(*) Voici les principales dimensions de ces bouches à feu; leur connaissance est nécessaire pour l'appréciation des résultats des expériences : [illegible]

[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]

l'on dit justement méritée. Cependant, comme tout ce qui a rapport aux principes de construction des bouches à feu est encore loin d'offrir le caractère de la certitude mathématique, M. le ministre de la guerre du royaume des Pays-Bas avait d'abord stipulé que le marché conclu avec le gouvernement belge ne deviendrait définitif, que pour autant que les deux premières pièces coulées réussissent à tirer, sans éclater, 15 coups à la charge de 3^k de poudre et deux boulets.

Cette épreuve parut insuffisante à M. le directeur de la fonderie de Liége. Il considéra avec raison que si, par la suite, il se produisait quelque accident occasionné par les dimensions peut-être trop faibles des bouches à feu nouvelles, on l'attribuerait à la mauvaise qualité des fontes employées, ce qui compromettrait injustement la réputation que s'est acquise, depuis quelques années, l'établissement à la tête duquel il se trouve. Conformément aux observations qu'il fit à ce sujet, il fut décidé que les deux premiers canons que l'on coulerait seraient soumis, jusqu'à rupture, à un tir exécuté avec une charge de 3^k de poudre, renfermée dans une gargousse allongée et un cylindre en fonte du poids de deux boulets de 24, c'est-à-dire de 23^k47.

Les deux bouches à feu qui devaient servir aux essais furent coulées dans des circonstances aussi identiques que possible. M. le colonel d'artillerie Frédérix, directeur de la fonderie de Liége, a consigné, dans un rapport qui nous a fourni la plupart des données de cette note, tous les détails relatifs à la fabrication et au tir. Nous allons indiquer ceux qui nous paraissent le plus dignes d'attention; les personnes directement intéressées à la question, devront recourir au rapport de M. le colonel Frédérix, si elles croient avoir besoin de renseignements plus étendus, notamment en ce qui concerne la coulée.

On considère généralement comme chose avantageuse à la résistance des bouches à feu en fonte de fer, que le métal

ait, au moment de la coulée, une température aussi élev que possible, et que son refroidissement se fasse trè lentement dans le moule. — Les fourneaux ayant marc régulièrement et convenablement donnèrent, 5 heures et minutes après la mise à feu, une fonte très-chaude, qui, minutes après l'ouverture des premiers trous de coulée, e rempli les deux moules. — Comme les améliorations intro duites, pendant les 15 dernières années, dans les procéd de fabrication suivis à la fonderie, ne sont pas généraleme connues, il ne sera pas inutile de dire que les premie trous de coulée sont disposés de manière à laisser sortir d' bord le métal qui, formant dans le fourneau à réverbère partie supérieure du bain, se trouve en contact immédi avec la flamme. On obtient ainsi que la fonte la plus chau est employée à former la culasse, c'est-à-dire, la partie q a les plus grands efforts à supporter dans le tir et qui est plus sujette à éclater dans la plupart des bouches à feu fonte construites jusqu'aujourd'hui.—Les moules étaient fai avec un mélange de $^5/_6$ de sable séché, pilé et tamisé, et $\frac{1}{6}$ coke pulvérisé. Comme le coke n'a qu'une très-faible condu tibilité pour le calorique, son addition au sable est éminen ment propre à ralentir le refroidissement du métal, et sous ce rapport, son emploi, adopté depuis longtemps p M. le colonel Frédérix, doit être considéré comme avant geux pour la résistance de toutes les parties de la bouche feu. Mais, à l'occasion de la coulée des canons de 24 néerla dais, on ne s'est pas borné à ce moyen; on en a ajouté u second, destiné à faire particulièrement sentir son influen sur la culasse, et qui consiste dans ce que M. le colon Frédérix appelle une *masselotte négative*. Un cylindre de 0^m2 de diamètre sur 0^m185 de hauteur, adapté à l'extrémi inférieure du moule, reçoit la fonte qui sort la premiè du fourneau. La masselotte qui en résulte échauffe le mou de la culasse et de son bouton, et contribue à ralentir refroidissement de ces parties de la pièce.

M. le colonel Frédérix a employé, pour la fonte destinée à la fabrication des deux canons d'essai, le dosage qu'une longue expérience lui fait considérer comme le meilleur. Pour le faire connaitre, il nous suffira de donner les quantités de fontes de chaque espèce qui sont entrées dans le chargement des deux fourneaux qui ont servi à la fusion :

Fontes de première fusion.	Fontes au bois d'Yves. . . .	1,314 kil.
	» de Lavalette.	927 »
	» de Poucet. .	1,227 »
	» de Leefdael .	165 »
Fontes de deuxième fusion.	Tronçons de vieux canons. .	1,184 »
	Masselottes, etc., de vieux canons belges.	1,197 »
	Total. . .	6,014 kil.

Pour que les canons fussent aussi identiques que possible, les conduits partant des trous de coulée aboutissaient à un même bassin, dans lequel les fontes des deux fourneaux se mêlaient, et d'où elles se rendaient, par deux autres canaux, dans les moules. — Malgré cette précaution, on constata par la suite que la fonte du canon que nous désignerons par le n° 1, était plus dure que celle du n° 2; la différence de la première à la seconde était même aisée à reconnaitre à l'inspection de la cassure.

Dès que les deux pièces eurent passé par toutes les opérations de la forerie, on commença les essais avec le canon n° 1.

Canon n° 1. — Charge, 3k. — Gargousse allongée. — Cylindre de 23k47. — Le canon tira d'abord 505 coups, sans que l'on pût remarquer aucune détérioration notable dans l'âme. Au 506e coup, le bourrelet en tulipe se détacha de la volée, et se divisa en deux morceaux qui tombèrent près de la pièce, de sorte que, dans une place ou dans un polygone, ils n'auraient pu atteindre les canonniers servants. Aucun

indice n'avait fait présager cette rupture. Le son que la pièce rendait lorsqu'on la frappait avec un marteau, ce qui avait lieu après chaque coup était resté le même pendant toute la durée du tir. Après l'accident même, on ne put y apercevoir aucune différence.

L'examen des morceaux détachés y fit découvrir des éraflements, qui ne pouvaient avoir été produits que par les arêtes vives d'un corps dur. Dès lors il ne resta plus aucun doute sur la véritable cause de la séparation du bourrelet : on fut convaincu qu'un cylindre s'était brisé dans l'âme, et que les fragments antérieurs du projectile, ayant calé la partie qui était tournée vers le fond, avaient déterminé la rupture et formé sur la paroi de l'âme les éraflements que l'on y avait remarqués.

Comme ce qui restait de la pièce ne paraissait pas avoir souffert, on reprit le tir. Au 721e coup, et sans que rien eût annoncé la rupture, il se détacha un morceau du poids de 202kil, ayant toute la longueur de la volée et formant à peu près le quart de cette partie de la pièce. Ce morceau fut projeté contre les gabions du blindage sous lequel le tir avait lieu, mais avec si peu de force, qu'ils ne furent pas même endommagés. Quant à la partie restante de la bouche à feu, elle avait plusieurs crevasses, dont la principale, de 1 à 2 millimètres de largeur, se dirigeait vers la culasse, qu'elle n'atteignait toutefois pas. On remarqua de nouveau, dans la partie de l'âme mise à découvert, plusieurs dégradations produites par les projectiles cylindriques. On tira encore un coup, pour faire éclater le renfort et se mettre à même d'examiner attentivement l'état de l'âme dans toute la longueur. On put alors s'assurer qu'à l'emplacement du projectile, il ne s'était pas formé de fissures, comme dans les canons de 16 employés dans les expériences faites récemment à La Fère et rapportées dans le Mémorial de l'artillerie française. Ces fissures sont, comme on sait, l'un des principaux motifs qui ont fait ajourner, en France, l'adop-

tion des canons en fonte de fer pour l'armée de terre.

Canon n° 2. — Charge de 3k. — Gargousse allongée. — 2 boulets de 24. — Les inconvénients que l'on avait reconnus à l'emploi des cylindres comme projectiles, firent décider que le tir du canon n° 2 se ferait avec deux boulets de 24, séparés par un bouchon en foin. On conserva d'ailleurs la même charge et la gargousse allongée. La bouche à feu supporta 2,000 *coups*, après quoi on arrêta le tir, parce que l'épreuve parut plus que suffisante. Ces 2,000 coups exigèrent 40 séances, à raison de 50 coups environ chacune. L'intervalle d'un coup à l'autre varia de 2 $^1/_2$ à 3 minutes. A la fin du tir, on ne découvrit pas de fissures intérieures comme dans les canons essayés à La Fère. — L'augmentation *maximum* du diamètre de l'âme ne s'élevait qu'à $^7/_{10}$ de millimètre; elle avait exactement la même indication sur une longueur de 0^m40 à partir du plan tangent à l'hémisphère antérieur du projectile le plus éloigné de la charge. — Dans le canon n° 1, après 700 coups, l'accroissement *maximum* se trouvait à la même distance du fond de l'âme, mais il était de 2,9 millimètre.

A la suite de cet essai, le modèle proposé par M. le lieutenant-colonel De Bruyn fut définitivement adopté, et la fonderie de Liége put procéder à l'exécution de la commande qu'elle avait reçue.

Nous avons déjà dit les motifs pour lesquels nous attribuions la ruine du canon n° 1 à la rupture d'un cylindre dans l'âme, et non pas à la qualité de la fonte. Ils sont assez plausibles, pour que la faible durée de cette bouche à feu ne puisse pas être opposée aux conclusions que l'on peut tirer de la résistance extraordinaire du canon n° 2. Nous ajouterons que, si même le canon n° 1 avait éclaté sans qu'aucun projectile se fût brisé, ceci ne prouverait encore en aucune manière qu'il n'eut pas résisté au tir de deux boulets. Notre opinion se fonde sur ce que sa lumière s'est évasée beaucoup plus rapidement que celle du canon n° 2, ce qui

dénote une plus haute tension des gaz ; et cette circonsta s'explique à son tour par la résistance plus grande que frottement a dû opposer au mouvement des cylindres. effet, la résultante des pressions exercées par les gaz n presque jamais dirigée suivant une droite parallèle à l' de la bouche à feu et passant par le centre de gravité projectiles, il en résulte que ceux-ci sont pressés avec ou moins de force contre les parois de l'âme; mais le c tact des boulets n'a jamais qu'une faible durée, comme prouve la forme des empreintes qu'ils font, tandis que cylindres s'arc-boutent souvent dans l'âme, glissent sur grand espace en exerçant un frottement considérable. produisent, sur les parois, ces traînements que l'on a marqués chaque fois que l'on s'en est servi, en France et Belgique, et qui existaient en grand nombre dans le ca n° 1. Enfin, ce qui ne doit laisser aucun doute sur la q lité de la fonte du canon n° 1, c'est que les éclats s restés, pour ainsi dire, sur place, et que, malgré les constances défavorables que nous avons signalées, on n'a découvert de fissures vers l'emplacement de la charge. ces fissures auraient dû se produire, si le métal n'avait été doué d'une extensibilité et d'une élasticité suffisa pour résister, sans altération, à la pression ordinaire gaz, c'est-à-dire, à la pression qui se produisait lorsqu rupture d'un cylindre ne venait pas opposer à leur act une résistance incomparablement plus grande que celles l'inertie et du frottement réunies.

Ce que nous venons de dire de la fonte du canon n° est applicable à celle du n° 2. — L'absence complète fissures prouve que, sous les efforts auxquels elles ont soumises, les couches intérieures de la bouche à feu n' pas dépassé la limite de leur élasticité naturelle. — En eû été de même, si l'on n'avait pas fait usage de cartouches all gées? —La chose est possible ; mais il est aussi permis d douter.—Nous croyons, pour notre compte, que les résult

brillants des essais du canon n° 2, sont dus et à la bonne qualité de la fonte et à l'emploi des gargousses allongées. — Quoi qu'il en soit, c'est désormais un fait acquis pour l'artillerie, que des canons de 24, réduits, comme ceux du nouveau modèle néerlandais, à l'épaisseur des canons de 12 de place ordinaires, présentent plus de résistance qu'il ne faut pour tirer, d'une manière continue, à la charge de 3 kil. et un boulet plein, lorsqu'on a soin de ménager un vide convenable autour de la charge. — Quoi qu'il en soit encore de l'explication qu'on veuille donner des résultats obtenus, on se plaira à reconnaître qu'ils sont dus à l'habile directeur de notre fonderie de canons, qui ne négligeant aucun des moyens qui pouvaient avoir de l'influence, ne se borna pas à indiquer les meilleures proportions pour le mélange des fontes et les dispositions à prendre pour le moulage et la coulée, mais recommanda, en outre, de la manière la plus expresse, l'emploi de gargousses allongées pour le tir.

Les expériences que nous venons d'examiner ne sont pas les seules qui aient été faites avec des canons de 24, modèle allégé.

Quatre de ces bouches à feu, qui avaient subi l'épreuve de contrôle fixée pour la réception des pièces, épreuve qui consiste en 15 coups tirés avec une charge de 3 kilogrammes de poudre, 2 boulets et 2 valets, ont été soumises à un second tir extraordinaire :

la 1re	a supporté	15	coups,	à la	charge de	4	k. de p.	3	b.	3	val.
la 2e	»	15	»	»	»	5	»	3	»	3	»
la 3e	»	15	»	»	»	5	»	4	»	4	»
la 4e	»	15	»	»	»	6	»	4	»	4	»

Aucun de ces canons n'a dépassé, dans ce tir, la limite de son élasticité naturelle, et les visites faites après le 5e, le 10e et le 15e coup de chacun de ces tirs, n'ont fait reconnaître aucune dégradation, autre qu'un léger évasement de

la lumière, dont le diamètre s'est agrandi au *maximum* de 0m012.

Cette épreuve extraordinaire, faite avec 4 canons pris au hasard, parmi 104, est une nouvelle preuve de l'excellente qualité des bouches à feu que produit notre fonderie de canons, et démontre, en outre, que nos canons résistent, non-seulement à une longue carrière de coups, mais aussi au tir des plus fortes charges. Les détails en sont consignés dans le procès-verbal suivant.

ANNÉE 1845.

Mois de novembre, les 18, 19, 21 et 22.

Épreuves extraordinaires faites sur 4 canons en fonte de 24, modèle léger néerlandais.

ARTILLERIE.

FONDERIE DE CANONS, A LIÉGE.

Aux dates indiquées en marge, nous soussignés, A. Gayet, capitaine d'artillerie, et E. Reuther, lieutenant en second d'artillerie, tous deux au service des Pays-Bas, et délégués pour la réception de bouches à feu à livrer à leur Gouvernement, conformément aux conditions stipulées au contrat passé le 20 mars 1845, et en vertu de l'article 6 de ce contrat, avons procédé aux épreuves extraordinaires de 4 canons en fonte, du calibre de 24, modèle léger néerlandais, qui avaient déjà été soumis à un tir de 15 coups, à 3 kilg. de poudre et 2 boulets, fixé pour le contrôle de réception des pièces à livrer, en présence des officiers adjoints à la direction de la fonderie et du contrôleur de cet établissement, composant la commission nommée par le colonel-directeur.

Le mélange des fontes employées pour la fusion de ces 4 canons était composé comme suit :

DÉSIGNATION d'où PROVIENNENT LES FONTES.		NUMÉROS DE COULÉES DES CANONS DE 24 — 6	41	54		95	OBSERVATIONS.
		kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	Le nº 54 fut coulé simultanément avec le nº 55; les charges des 2 fourneaux furent mélangées au moment de la coulée. Les fusions se sont opérées en 5 heures, excepté celle du nº 6, qui n'a duré que 4 1/2 heures. Les fourneaux furent chargés à froid. Le métal, au moment de la coulée, avait le degré de température desiré; celui du nº 41 était même extraordinairement élevé.
Fontes fortes au bois	du haut-fourneau d'Yves.	1,230	1,292	1,210	1,015	2,209	
	id. de Poucet.	1,195	920	1,025	1,205	»	
	id. de Lavalette.	30	58	59	57	82	
Masselottes		447	450	555	500	450	
Restes de coulées précédentes		153	180	75	130	180	
TOTAUX DES CHARGES.		3,055	2,900	2,924	2,907	2,921	
Poids des pièces achevées		1,734	1,746	1,735		1,740	

Le tableau suivant indique le nombre de coups tirés avec ces canons, leurs charges et le temps employé pour le tir.

NUMÉRO des CANONS.	DATES des ÉPREUVES.	CHARGES. POUDRE.	BOULETS.	VALETS.	NOMBRE DE COUPS.	OBSERVATIONS.
		Kil.	Kil.	Kil.		
6	18 novembre 1845	4	3	3	15	La charge entière occupait un espace de 0m905 et se terminait à 1m675 de la tranche. La durée du tir, y compris les visites du canon, a été de 2h50′.
54	19 id.	5	3	3	15	La longueur de la charge était de 1m01. Distance de la charge à la tranche 1m57. Durée du tir, 2h15′, y compris les visites du canon.
95	21 id.	5	4	4	15	Longueur de la charge, 1m18. Distance du commencement de la charge à la tranche, 1m40. Durée du tir, 3h30′, y compris les visites du canon.
41	22 id.	6	4	4	15	Longueur de la charge, 1m22. Distance du commencement de la charge à la tranche, 1m40. Durée du tir, 2h45′, y compris les visites du canon.

t choisi le n° 41 pour la plus forte épreuve, parce vait observé quelques particularités lors de la coute bouche à feu.

a été préalablement tiré un coup en blanc à un kilog., pour flamber l'âme.

udre employée, éprouvée avec l'éprouvette en donné pour portée moyenne 237m9.

s' servi étaient des gargousse fond sphérique. Leur diamètre était

r était de 0m32 pour 4 kilog. de poudre.
» » 0m40 » 5 » »
» » 0m45 » 6 » »

placé un valet sur la charge de poudre et on les boulets par un valet. La longueur des valets était de 0m1.

Les boulets ont été reconnus de calibre, bien lisses et d'un poids moyen de 11k6.

Le tir a été exécuté chaque fois par un détachement du 2e régiment d'artillerie belge, commandé par un officier.

On s'est servi, pour communiquer le feu à la charge, de lances à feu et de poudre.

Le même affût-traîneau a servi pour les quatre épreuves qui ont eu lieu sous un fort blindage construit dans [redacted] grande excavation, près de la butte.

La plate-forme se composait de 4 poutrelles, de 5 m[redacted] tres de longueur sur 0m24 d'équarrissage, placées l'une côté de l'autre et ayant une pente de 0m25; le recul dépa[redacted] sait chaque fois, surtout pour les fortes charges, la longue[redacted] de la plate-forme, mais ne peut être exactement appréci[redacted] la plate-forme étant à chaque coup recouverte de cendres [redacted] de terre, pour éviter que l'affût ne fût jeté hors de la plat[redacted] forme, ou même renversé.

Les pièces ont été visitées après 5, 10 et 15 coups; [redacted] tableau ci-joint donne le résultat de ces visites.

N° DES CANONS.	NOMBRE DE COUPS TIRÉS.	DIAMÈTRE DE L'AME. AVANT LE TIR.	PENDANT ET APRÈS LE TIR.	Le plus grand évasement de la lumière dans l'âme	CANAL de LUMIÈRE.	OBSERVATIONS.
		Mètres.	Mètres.	Mètres.		
6	5 10 15	Fort 0,0001	Fort 0,0001 Id. Id.	0,007 0,008 0,0105	La partie inférieure légèrement évasée.	Les parois de l'âme sont restées bien lisses; on s'en est assuré au moyen d'une bougie allumée, introduite dans l'âme.
34	5 10 15	Fort 0,0001	Fort 0,0001 Id. Id.	0,009 0,010 0,011	Id.	Id.
95	5 10 15	Fort 0,0001	Fort 0,0001 Id. excepté à 1,5 de la tranche, on a trouvé fort de 0,0003 id. 0,0001 excepté à 1,48 de la tranche fort de 0,0002 à 1,50 id. 0,0003 à 1,55 id. 0,0004 à 1,60 id. 0,0002	0,009 0,010 0,0105	Id.	Id.
41	5 10 15	Exact.	Exact Id. Exact excepté à 1,4 de la tranche fort de 0,0002 à 1,43 id. 0,0004 à 1,45 id. 0,0003 à 1,5 id. 0,0002	0,009 0,011 0,012	Id.	Id.

Après chaque coup, le son de la pièce a été reconnu au marteau et est resté uniforme.

Les empreintes de l'aboutissement de la lumière dans l'âme, après les 15 coups, ont donné les dessins suivants

Canon n° 6. Canon n° 54. Canon n° 95. Canon n° 41.



En foi de quoi nous avons dressé le présent procès-verbal, fait à Liége en triple expédition, le 22 novembre mil huit cent quarante-cinq.

(*Signé*)
GAYET.
REUTHER.
G. J. DELVOIE, *capitaine*.
DE BROGNIEZ, *capitaine*.
E. THERSEN, *lieutenant*.
JEHOTTE, *lieutenant*.
GILLON, *sous-lieutenant*.
PEINT, *sous-lieutenant*.
MASSON, *sous-lieutenant*.
M. J. J. DOUTREUWE, *contrôleur*.

Vu,

Le Directeur,

(*Signé*) C. FRÉDÉRIX.

MINES.

INTRODUCTION DE L'ÉCLAIRAGE AU GAZ DE HOUILLE

DANS LES TRAVAUX DES MINES ;

PAR M. GONOT,

INGÉNIEUR EN CHEF DES MINES.

Après une longue et minutieuse instruction de la demande qu'elle avait présentée à cet effet, la société dite des *Vingt-quatre Actions*, qui exploite une partie de charbonnage du *Rien du Cœur*, sur la commune de Quaregnon, à deux lieues à l'ouest de Mons, a été autorisée, par arrêté royal du 28 août 1844, à établir un appareil à gaz pour l'éclairage des travaux intérieurs de son puits n° 2.

Cet essai, du moins quant à la possibilité d'éclairer les travaux intérieurs des mines par le gaz extrait de la houille, et quant à la puissance de ce mode d'éclairage, a complétement réussi ; reste à voir s'il est ou peut devenir plus économique que l'éclairage ordinaire au suif ou à l'huile.

La solution de cette question ne paraîtra pas indifférente, si l'on réfléchit que, pour éclairer les travaux souterrains des mines de la seule province de Hainaut, l'on dépense annuellement de 400,000 à 500,000 francs, un *demi-million*.

Je me propose de donner ici une description complète de l'appareil employé, dans le puits n° 2 des Vingt-quatre Actions du Rien du Cœur, pour la distillation de la houille et la production du gaz, description que je ferai suivre de quelques considérations générales sur les précautions que doit nécessiter l'emploi de ce nouveau moyen d'éclairage, et sur les avantages que, dans certaines circonstances, il pourra procurer aux exploitants.

§ 1. — *Description de l'appareil et de ses principales dispositions.*

L'appareil à gaz des Vingt-quatre Actions diffère très-peu des autres appareils du même genre qui sont construits à la surface, pour l'éclairage de grands établissements industriels.

Il est établi à 267 mètres de profondeur, immédiatement au midi du puits n° 2, et se compose de deux fourneaux chacun à deux cornues, d'un barillet, d'un laveur, qui sert en même temps de condensateur, d'un épurateur et d'un gazomètre, le tout contenu dans un espace de 13 mètres environ de longueur, de 10 mètres de largeur, et 7 mètres de hauteur moyenne, ou de 910, soit 1,000 mètres cubes, entièrement creusé dans la roche (voir les planches III et IV).

Les deux fourneaux *a*, accolés l'un à l'autre et adossés au terrain houiller, ne forment qu'un massif en maçonnerie peu distant du puits ; les foyers et les cendriers occupent la partie inférieure de ce massif ; deux voûtes en plein cintre, construites en briques réfractaires, la partie supérieure. Le vide ainsi ménagé immédiatement au-dessus du foyer, reçoit les deux cornues, que l'on place sur des plaques en briques ou en terre réfractaire, et que l'on recouvre de la même matière, pour empêcher la fonte d'être trop rapidement décomposée par l'air chaud. Seize petits carneaux, huit de chaque côté de la grille, livrent passage à la chaleur et à la flamme, qui, après avoir circulé autour des deux cornues, s'échappe, avec la fumée et les gaz brûlés, dans le puits d'extraction, par une cheminée qui prend naissance à la partie antérieure et supérieure des fours, comme il est indiqué à la pl. III, et débouche dans le puits un peu au-dessus des fourneaux.

Les *cornues* dans lesquelles on met la houille à distiller, sont en fonte ; elles ont la forme demi-cylindrique, un diamètre de 0^{m}60 et une longueur totale de 2^{m}30. Elles sont composées de deux parties unies au moyen de boulons et

d'écrous : l'une postérieure, qui étant exposée dans le four à toute la chaleur du foyer, n'a pas une très-longue durée; l'autre antérieure, ou tête de cornue, qui sort du fourneau et porte la colonne montante conduisant les gaz au barillet. Après le chargement, on ferme la bouche de la cornue au moyen d'une plaque en fonte, d'un lut d'argile et d'un appareil représenté sur le plan.

Le *barillet* dans lequel se rendent, en premier lieu, par la colonne montante adaptée à la partie extérieure de la cornue, les produits de la distillation du charbon, est un cylindre en fonte de 0^m35 de diamètre et de 4^m60 de longueur, reposant sur le massif des fourneaux et dont le trop plein liquide s'écoule par un tuyau recourbé dans la cuve à goudron I. Les tubes de dégagement qui surmontent les cornues forment un coude vers le haut, et plongent à une certaine profondeur, dans l'eau du barillet, de manière à empêcher la rentrée du gaz dans les cornues lorsqu'on en opère le déchargement, aussi bien que l'introduction de l'air extérieur dans le barillet.

En sortant du barillet, le gaz encore mêlé d'eau et de goudron à l'état de vapeur, se rend dans le *laveur*, où, par l'effet de la condensation, il abandonne ces deux derniers corps, ainsi que la plus grande partie des gaz ammoniacaux. Le laveur est une caisse rectangulaire en tôle contenant, jusqu'à une certaine hauteur, de l'eau que l'on renouvelle toutes les vingt-quatre heures, et dont les parois verticales sont munies, à leur partie supérieure, d'un double rebord rempli d'eau, dans laquelle vient plonger le rebord du couvercle de la caisse. Ce couvercle est garni inférieurement de sept cloisons verticales, aussi en tôle, qui plongent dans l'eau de la caisse, dont elles divisent ainsi la capacité en huit compartiments égaux. Au-dessus du couvercle, règne un tuyau qui débouche dans le puits d'extraction et qui est muni, en regard de chaque compartiment intérieur de la caisse, d'un robinet qui sert à le purger du gaz qu'il con-

tient, lorsque l'on veut renouveler les eaux de lavage. Un autre tuyau en fonte met le barillet en communication avec l'un des deux compartiments extrêmes du laveur. En vertu de la tension supérieure qu'il possède du côté des cornues, le gaz est forcé de traverser sept fois l'eau, en la soulevant le long des cloisons, pour passer successivement d'un compartiment à un autre du laveur, et ce n'est qu'après être arrivé au dernier, qu'il peut se rendre à l'épurateur, où, au moyen de la chaux, on le débarrasse du gaz acide carbonique et du gaz sulfhydrique.

L'épurateur est aussi une caisse rectangulaire en tôle, divisée, par une cloison verticale, en deux compartiments, dans chacun desquels on dispose horizontalement quatre grilles recouvertes de lits de mousse et d'hydrate de chaux. Le gaz lavé dans l'appareil dont il vient d'être question, est amené dans la partie inférieure de l'un des compartiments de l'épurateur et en sort par l'autre, en traversant les huit grilles couvertes d'hydrate de chaux, et en se dépouillant ainsi de la plupart des gaz nuisibles à l'économie animale. Le pourtour de l'épurateur est aussi muni d'une rigole pleine d'eau, dans laquelle plonge le rebord du couvercle, afin d'interdire toute communication de l'air extérieur avec le gaz. Comme l'eau du laveur, on renouvelle aussi tous les jours la chaux de l'épurateur. Pour cela, et avant d'enlever le couvercle et les grilles chargées de chaux saturée, l'on a soin de faire passer immédiatement au-dessous du couvercle, au moyen d'un tube pourvu de robinets, le gaz qui occupe les espaces inférieurs entre les grilles, et de le laisser échapper dans l'atmosphère, en ouvrant un robinet adapté au couvercle de l'épurateur.

Enfin, avant de parvenir dans le réservoir ou gazomètre, le gaz doit encore passer par une caisse à syphon, placée au point le plus bas des tuyaux de conduite, où doivent se réunir, soit à l'entrée, soit à la sortie, toutes les eaux qui jusqu'alors auraient échappé à la condensation, et d'où elles

sont extraites, au moyen d'une petite pompe à bras placée, avec la caisse à syphon, dans une même citerne.

Le *gazomètre*, qui forme le magasin d'où partent les tuyaux de distribution de gaz, se compose : 1° d'une cuve en maçonnerie hydraulique, de section horizontale circulaire, de 4^{m}20 de diamètre et de 4^{m} de profondeur, presque entièrement remplie d'eau; 2° d'une cloche cylindrique en feuilles de tôle assemblées, de 4^{m} de diamètre et de 3^{m}90 de hauteur, entièrement ouverte par le bas, suspendue à quatre chaînes passant sur des poulies de renvoi, et tendues par des contre-poids que l'on peut augmenter ou diminuer à volonté, de manière que la cloche puisse plonger dans l'eau de la cuve, comme il est figuré au plan, en exerçant sur le gaz qu'elle renferme une pression à peu près constante. Cette pression est nécessaire pour forcer le gaz à parcourir les tuyaux de conduite et le faire sortir des becs avec une vitesse convenable. Elle est ordinairement ici de trois centimètres en colonne d'eau.

Telles sont, en peu de mots, les dispositions générales de l'appareil qui sert à la fabrication du gaz éclairant au puits n° 2 des Vingt-quatre Actions.

Le travail s'y exécute absolument comme dans les autres usines; seulement il présente un peu plus de difficultés, à cause de la chaleur qui se dégage continuellement des fourneaux et qui, n'étant pas immédiatement entraînée par un courant d'air frais assez rapide, séjourne longtemps dans l'espace, très-restreint d'ailleurs, où se tiennent les ouvriers.

Un seul des deux fourneaux est ordinairement en activité; on charge à la fois, dans chacune des deux cornues, toutes les quatre ou six heures, 60 à 80 kilogrammes de charbon du Flénu, qui peuvent donner, à raison de 25^{m} cubes par 100 kilogrammes, 15 à 20 mètres cubes de gaz. Deux charges semblables de chacune des deux cornues en un jour, produiraient donc une quantité totale de 60 à 80 mètres cubes de gaz, plus que suffisante pour remplir le gazo-

mètre, dont la capacité n'est que de 50 mètres cubes environ. J'estime que le résidu de la distillation en coke est environ de 60 pour cent (100 kilogrammes de houille du Flénu donnent ordinairement, à la distillation, 1,75 hectolitres de coke, pesant environ 60 kilogrammes), et que, par conséquent, la moitié du coke obtenu suffit pour chauffer les cornues ; le reste est élevé à la surface pour être employé à d'autres usages.

Un maître ouvrier et son aide sont occupés pendant le jour à fabriquer le gaz, et un troisième ouvrier, pendant la nuit, à entretenir le feu et les diverses parties de l'appareil.

Les personnes étrangères à l'exploitation, et surtout à la connaissance des diverses qualités de houille que fournit la province de Hainaut, sachant les difficultés que l'on rencontre à neutraliser, dans les mines de houille, les funestes effets de la présence du *grisou* ou hydrogène proto-carboné, peuvent trouver étrange au premier abord, que de propos délibéré, et sans une nécessité absolue, l'on ouvre une nouvelle porte dans les travaux à cet ennemi le plus dangereux du mineur. Il n'y a cependant rien là qui ne puisse aisément s'expliquer, et qui doive empêcher de considérer comme un progrès de l'art de l'exploitation, la substitution du gaz à l'huile dans l'éclairage des travaux souterrains. En effet, la houille dite du *Flénu*, que l'on exploite principalement dans les communes de Cuesmes, Jemmapes, Quaregnon et Hornu, qui se rapproche beaucoup du *Cannel-coal* des Anglais, et qui fournit, à la distillation, la plus grande quantité et la meilleure qualité de gaz éclairant, ne laisse néanmoins dégager, à la température ordinaire et à l'état naturel, aucun gaz combustible ; de telle sorte que, hors des circonstances extraordinaires et tout à fait exceptionnelles, telles que rejet, rupture, brusques inflexions des couches, reprise de travaux depuis longtemps abandonnés, etc., les ouvriers ne se servent que de chandelles ou de lampes ordinaires à flamme nue, qui n'étant pas fixes comme les becs

de gaz, pourraient aussi bien, et peut-être mieux que ceux-ci, occasionner des explosions, si l'atmosphère de la mine devenait détonante.

Les accidents ne sont donc guère à redouter, si, comme d'ailleurs on est obligé de le faire à la surface, l'on apporte toute l'attention et tous les soins convenables à l'exécution du travail, si l'on prévient toutes les fuites de gaz, et si, dans tous les cas, l'on règle l'aérage de manière à empêcher la formation et l'accumulation de mélanges explosifs dans les parties élevées des excavations.

Du reste, voici les principales mesures de précaution qui ont été prescrites par l'arrêté royal précité, sur la proposition des ingénieurs des mines :

3° L'on ne pourra faire usage dans la construction des fourneaux et de leurs accessoires, que de matériaux incombustibles ;

4° Les produits de la combustion de la houille seront conduits par une cheminée dans le puits.

Les locaux qui renfermeront les cornues et le réservoir à gaz, recevront l'air par des ouvertures ménagées à la partie inférieure des parois, et seront surmontés d'un tuyau de décharge en communication avec le puits d'extraction ;

5° Les tubes des cornues plongeront séparément dans l'eau du barillet, dont le trop plein s'écoulera, sans pouvoir passer dans les cornues, par un syphon manométrique de grandeur convenable ;

6° Les différents vaisseaux dont se compose l'appareil distillatoire, seront munis de manomètres à eau, pour que l'on puisse connaître les parties où il se formerait une obstruction. On établira un manomètre à eau en communication directe avec le réservoir ;

7° La cloche du gazomètre sera construite en tôle : sa capacité ne pourra dépasser 58 mètres cubes ; elle sera disposée de manière à ne jamais permettre ni l'échappement du gaz, ni l'entrée de l'air dans le réservoir ;

8° Les tuyaux de conduite seront munis de robinets à leur entrée dans le réservoir ainsi qu'à leur sortie, afin qu'on puisse, au besoin, interrompre la communication, d'un côté, avec l'appareil, et, de l'autre, avec les tubes de distribution, qui, à tous leurs embranchements, seront également munis de robinets;

9° Toutes les parties de l'appareil seront constamment entretenues en bon état, et, dans les visites fréquentes que l'on en fera, l'on devra exclusivement se servir de lampes de sûreté;

10° Le goudron, les eaux de lavage, la chaux qui aura servi à l'épuration et tous les autres résidus, seront toujours, en temps utile, transportés dans des vases clos, hors de la mine; ils ne pourront être versés sur la voie publique, ni dans les eaux courantes, ni dans le voisinage des habitations. La direction de l'exploitation désignera à l'autorité locale où elle se propose de verser ces résidus, avec son agréation;

11° Seront éclairés au gaz : A les bâtiments du puits et la machine à vapeur d'extraction, les ateliers et les baraques qui en dépendent; B les puits ou tourets aux échelles; C les travaux d'exploitation exécutés dans les couches *Grande-Veine à l'Aune,* et *Grande-Veine au Caillou,* à la profondeur de 278 mètres;

12° Le gaz sera conduit dans les diverses parties de la mine par des tuyaux en plomb d'une solidité suffisante, munis du nombre de becs que les ingénieurs jugeront nécessaires pour le parfait éclairage des travaux, et préservés de tout choc par des caisses en bois, que l'on pourra cependant ouvrir, au moins sur une face, pour s'assurer de l'état des tuyaux;

13° L'aérage sera ascensionnel, c'est-à-dire que l'air entrera dans la mine par le puits aux échelles jusqu'à la galerie inférieure de traînage; de là il parcourra tous les travaux du fond par les communications établies entre eux, mon-

tera dans la galerie supérieure d'aérage, d'où il se rendra dans le puits d'extraction et d'aérage, pour s'échapper dans l'atmosphère;

14° Des ouvriers de confiance, à désigner par la société impétrante, conformément à l'art. 25 du règlement sur la police des mines du 21 juillet 1841, et dont un devra toujours être dans les travaux, seront chargés de la surveillance de toutes les parties de l'appareil, ainsi que de l'éclairage et de l'aérage. Ils veilleront, en outre, à ce que les robinets soient parfaitement fermés, lorsqu'ils ne serviront pas à l'éclairage. Les robinets seront à clef et munis d'un piston d'arrêt, qui indiquera la position où ils seront entièrement fermés;

15° A l'effet de faciliter l'éclairage, les échelles servant à la descente des ouvriers seront placées régulièrement et inclinées à 75°;

16° Les dispositions nécessaires seront prises pour que l'éclairage au gaz ne puisse devenir, en aucun cas, une cause d'incendie.

Voyons maintenant comment l'on a pu remplir ces diverses conditions de sûreté.

J'ai déjà décrit les principales dispositions de l'appareil; il me reste à indiquer la manière dont le gaz a été distribué dans la mine.

A cet effet, les conduites devant être fréquemment changées de place, surtout près des tailles, et même être transportées d'une couche à l'autre, l'on fait exclusivement usage de tuyaux en plomb étiré, de différents diamètres, parce qu'ils sont d'un placement facile et peu coûteux, se plient aisément suivant toutes les sinuosités des galeries souterraines, ne subissent aucune altération chimique, et conservent, en définitive, après avoir servi, une grande partie de leur valeur intrinsèque.

Le puits d'extraction n° 2 des Vingt-quatre Actions a une profondeur totale de 290 mètres; il a atteint les couches *Grande-Veine au Caillou et Grande-Veine à l'Aune*,

en plateurs inclinées au nord, sous un angle de 10 à 15 degrés, respectivement à 214 et à 238 mètres au-dessous de la surface. Mais, l'on voit par les fig. 1 et 3 de la pl. IV, que les couches ont été renfoncées de 20 à 22 mètres au nord de la faille ou cran, dit *Pierre Sault*, lequel se dirige de l'ouest-sud-ouest à l'est-nord-est, prend à 75° environ au sud-sud-est, et passe, vis-à-vis du gazomètre, à 40^m au nord du puits, de sorte qu'un bouveau (galerie à travers bancs) percé vers le nord à la profondeur de 278^m, a recoupé encore la couche Grande-Veine à l'Aune, à une distance de 90^m environ de l'axe du puits. C'est la partie de la couche Grande-Veine à l'Aune, située au nord du cran Pierre Sault, et à l'étage de 278 mètres, qu'en 1844, il s'agissait d'exploiter et d'éclairer au gaz.

Les ouvriers se rendent à cet étage par une suite de dix *tourets* (puits intérieurs ou burquins) de 1^m76 de diamètre moyen, munis d'échelles inclinées et éclairés par seize becs de gaz, adaptés à un tuyau en plomb de 4 centimètres de diamètre intérieur et de six centimètres de diamètre extérieur, et partant du gazomètre établi à la profondeur de 267^m, comme je l'ai déjà dit ci-dessus.

Les tourets sont représentés en plan et en projections verticales, dans la pl. IV. Dans une des deux projections verticales, l'on a fait figurer les échelles avec leurs paliers; dans l'autre, le tuyau de conduite du gaz avec les becs dont il est pourvu.

Pour éclairer les travaux intérieurs dans la couche de Grande-Veine à l'Aune, l'on a dû faire descendre le gaz, toujours par un tuyau en plomb, mais d'un plus grand diamètre que celui dont il vient d'être fait mention, d'une hauteur verticale de 11^m, le long des parois du puits d'extraction, le conduire successivement dans le bouveau nord et dans la *costresse* (galerie d'allongement) de l'ouest, et le faire remonter, par divers embranchements, suivant les *voies tiernes* (galeries inclinées et obliques à la direction de la couche),

jusqu'aux tailles établies au-dessus de la costresse, et dont la plus élevée était parvenue, le 7 novembre 1844, date des expériences dont il sera question ci-après, à 520m du puits d'extraction.

Le parcours des tuyaux de distribution du gaz est indiqué sur le plan, la projection et la coupe verticale de la pl. II, par une ligne pointillée, et l'emplacement de chacun des becs d'éclairage, par une petite croix en lignes pleines.

En prescrivant l'aérage ascensionnel, l'administration avait pour but, comme dans les mines à grisou, de prévenir l'accumulation du gaz provenant de la distillation de la houille, et qui aurait pu échapper non brûlé des tuyaux de conduite ou des becs ouverts, de prévenir, dis-je, l'accumulation de ce gaz dans les parties hautes des excavations souterraines, et par conséquent, son inflammation et les accidents qui auraient pu en résulter. Cependant jusqu'à cette heure, l'on n'a rien observé de semblable, du moins dans la couche exploitée, bien que le courant d'air n'y ait pas toujours été conduit en montant, à cause du voisinage du cran Pierre Sault, comme je vais l'expliquer.

Avant l'introduction du nouveau mode d'éclairage, l'air descendait par les puits aux échelles, arrivait par le haut des tailles, qu'il parcourait en descendant, et revenait, par la costresse et le bouveau de traînage, vers le puits d'extraction, par où il sortait de la mine et où un foyer activait la circulation. Lorsque l'appareil à gaz a pu fonctionner, le fourneau de cet appareil a remplacé le foyer d'aérage, quant à l'échauffement de l'air sortant de la mine; mais pour donner au courant d'air, dans les travaux, une direction continuellement ascendante, il fallait le faire arriver directement, des tourets aux échelles, dans le bouveau inférieur, par une galerie inclinée suivant le pendage de la Petite-Veine à l'Aune, comme il est indiqué dans les fig. 1, 2 et 3 de la pl. IV, l'empêcher de gagner immédiatement le puits d'extraction, en plaçant dans le bouveau deux portes

suffisamment distantes l'une de l'autre, lui faire parcourir successivement la costresse, le front des tailles, et le ramener vers le puits par la galerie d'aérage *defg* et le touret *g h* percé dans le cran même de l'étage de 248^m, jusqu'à la couche Grande-Veine à l'Aune ; mais l'on voit, par le plan et la projection verticale des travaux, que le courant d'air, après être monté aux tailles jusqu'à 35^m au-dessus de la costresse, à son origine, était forcé, pour gagner le touret d'aérage *g h*, de redescendre, le long du cran, de 27^m, de manière à n'être plus verticalement, au point où il entrait dans le touret, qu'à 8^m au-dessus du bouveau inférieur.

Du reste, la marche du courant d'air, lorsqu'il était ainsi conduit, est tracée sur le plan par de petites flèches.

Soit que l'air, après être descendu au pied du dernier touret aux échelles, se perdît en partie par les lézardes et les crevasses de la maçonnerie du gazomètre, autour de laquelle il passait pour se rendre dans les travaux, soit que les deux ouvriers occupés à la fabrication du gaz ouvrissent trop souvent la porte de leur atelier, voisine du dernier touret aux échelles, pour se soutraire à la chaleur et à la poussière dont, dans certains moments de l'opération, ils étaient fortement incommodés, soit enfin que l'ouverture des deux portes placées dans le bouveau inférieur, au lieu de successive qu'elle devait être, fût de temps en temps simultanée et interrompît ainsi la circulation de l'air dans les travaux, soit par ces trois causes réunies et agissant à la fois, toujours est-il que l'aérage devint tout à fait insuffisant, lorsque les tailles furent poussées à 500^m à l'ouest du bouveau, et excita des plaintes vives de la part des ouvriers, plaintes que, par une visite des travaux du 31 octobre 1844, je reconnus fondées.

Le directeur de la mine attribuait cet état de choses, non à ce que, par suite des trois circonstances que je viens d'indiquer, l'air ne circulait pas en quantité suffisante dans les travaux; mais à ce que, pour lui imprimer une marche ascension-

nelle aux tailles, l'on était obligé de le faire passer vis-à-vis de l'écurie creusée dans la roche, au point *b*, à l'extrémité du bouveau de traînage, dans la costresse, où il s'échauffait et se viciait au contact des chevaux et des ouvriers employés au transport intérieur de la houille, et au contact de la flamme des becs d'éclairage, de manière que les derniers ouvriers, ceux des tailles et des voies tiernes, se trouvaient dans une atmosphère débilitante, chargée de gaz méphytiques et par conséquent insalubre.

Il était peu probable que cette supposition fût conforme à la réalité, et que, par conséquent, notre attention dût se porter sur les moyens de conserver la pureté de l'air, plutôt que d'en activer la circulation; cependant comme les tailles étaient sur le point d'arriver à la limite du champ d'exploitation, qu'en amenant l'air par le touret *g h* et par le haut des tailles, l'on évitait, du moins en partie, les trois causes de perte signalées ci-dessus, et qu'enfin le courant d'air était loin de conserver une direction ascensionnelle à partir du pied des tailles, puisqu'au contraire, nous avons vu qu'il redescendait, le long du cran, des trois quarts de la hauteur à laquelle il était monté, le renversement de l'aérage, dans les travaux tels que je les ai décrits ci-dessus, de la couche Grande-Veine à l'Aune, ne me parut présenter aucun inconvénient, et je permis provisoirement aux agents de la société de faire arriver l'air directement à la partie supérieure des tailles, et de le conduire ensuite au puits d'extraction ou de sortie, par la costresse, me proposant d'observer les résultats de ce changement, et de parvenir ainsi à la détermination de la quantité d'air perdue, dans la chambre de fabrication du gaz et par les portes placées dans le bouveau inférieur, lors de l'introduction de l'air dans les travaux par la costresse.

Je vais rapporter les expériences que j'ai faites, pour mesurer la vitesse du courant d'air dans les travaux du puits n° 2 des Vingt-quatre Actions : 1° le 7 novembre 1844, lors-

que le courant avait la direction indiquée sur le plan par de petites flèches ; 2° le 12 novembre 1844, lorsqu'il avait la direction indiquée par des flèches allongées, et que les deux portes d'aérage du bouveau inférieur avaient été supprimées et remplacées par une autre, au point *l*, à la tête du 10e touret aux échelles, pour forcer l'air à se rendre d'abord au touret d'aérage *hg*, en suivant une galerie inclinée du dans la couche de Grande-Veine à l'Aune, au midi du cran Pierre Sault.

Voici d'abord l'indication du parcours de l'aérage du 7 novembre 1844.

INDICATIONS des PUITS OU GALERIES.	PROFONDEUR OU LONGUEUR.	DIAMÈTRE.	HAUTEUR.	LARGEUR.	SECTION.	CUBE.	OBSERVATIONS.
	Mèt.	Mèt.	Mèt.	Mèt.	M. q.	M. c.	
ée et puits dans le mort terrain.	20	1,58	»	»	1,96	57	La cheminée a 4^{m} de hauteur.
de communication dans le mort terrain. .	32	»	1,20	0,95	1,14	36	
t aux échelles (*Royon*).	30	»	1,35	0,40	0,54	16	
de communication.	4	»	1,40	1,10	1,54	6	
et aux échelles.	18	1,15	»	»	1,04	19	
de communication	8	»	1,30	1,10	1,43	11	
et aux échelles.	17	1,00	»	»	0,78	13	
de communication	3	»	1,50	1,00	1,50	5	
et aux échelles.	24	1,20	»	»	1,13	27	
de communication inclinée.	6	»	1,20	1,20	1,44	9	
et aux échelles.	32	1,52	»	»	1,81	58	
de communication.	3	»	1,30	1,30	1,69	5	
et aux échelles	26	1,56	»	»	1,91	50	
de communication	5	»	1,20	1,20	1,44	7	
et aux échelles.	37	1,36	»	»	1,45	54	
de communication	6	»	1,30	1,20	1,56	9	
et aux échelles.	19	1,40	»	»	1,54	29	
de communication.	3	»	1,20	0,90	1,08	3	
ret aux échelles.	24	1,50	»	»	1,77	42	Emplacement de l'appareil, à 267^{m} de profondeur.
inclinée dans la couche Petite-Veine à l'Aune.	110	»	1,32	0,91	1,20	132	
du bouveau inférieur.	32	»	1,75	1,30	2,28	73	A 278^{m} de prof.
se jusqu'à la 1re voie tierne.	472	»	1,75	1,30	2,28	1,076	Dans la couche Grande-Veine à l'Aune.
t de la costresse jusqu'aux tailles.	147	»	1,30	1,10	1,43	210	
rs au front des tailles	112	»	0,85	2,75	2,34	262	Fronts des neuf tailles.
	57	»	0,85	0,80	0,68	39	*Ruelettes* intermédiaires.
d'aérage jusqu'au cran.	355	»	1,55	1,15	1,78	632	
t de la galerie d'aérage.	250	»	1,20	1,20	1,44	360	Jusqu'au touret par où l'air remonte.
d'aérage.	19	1,75	»	»	2,40	46	
u conduisant aux puits.	46	»	1,15	1,15	1,32	61	A 248^{m} de prof.
du puits d'extraction.	25	2,80	»	»	6,16	154	
partie du puits d'extraction.	53	3,50	»	»	9,62	510	
Id.	18	2,25	»	»	3,98	72	
Id.	25	4,50	»	»	15,90	397	
Id.	66	2,25	»	»	3,98	264	
d. dans le cuvelage	30	»	2,00	1,75	3,50	105	
du puits d'extraction.	31	2,25	»	»	3,98	124	
TOTAUX ET MOYENNES. . .	2,174	1,71	»	»	2,29	4,973	

Le tableau suivant indique le parcours de l'aérage à la date du 12 novembre 1844, lorsque cet aérage a été retourné, dans la couche de Grande-Veine à l'Aune, comme je l'ai dit ci-dessus.

Nos D'ORDRE	INDICATION des PUITS OU GALERIES.	PROFONDEUR OU LONGUEUR.	DIAMÈTRE.	HAUTEUR.	LARGEUR.	SECTION.	CUBE.	OBS[illegible]
		Mèt.	Mèt.	Mèt.	Mèt.	M. q.	M. c.	
1	Cheminée et puits dans le mort terrain	29	1,58	»	»	1,96	57	La[illegible] de h[illegible]
2	Galerie de communication dans le mort terrain .	32	»	1,20	0,95	1,14	36	
3	2e touret aux échelles (*Royon*).	30	»	1,35	1,35	0,54	16	
4	Galerie de communication.	4	»	1,40	1,40	1,54	6	
5	3e touret aux échelles	18	1,15	»	»	1,04	19	
6	Galerie de communication.	8	»	1,30	1,30	1,45	11	
7	4e touret aux échelles.	17	1,00	»	»	0,78	13	
8	Galerie de communication.	3	»	1,30	1,30	1,30	5	
9	5e touret aux échelles.	24	1,20	»	»	1,13	27	
10	Galerie de communication inclinée.	6	»	1,20	1,20	1,44	9	
11	6e touret aux échelles.	32	1,52	»	»	1,81	58	
12	Galerie de communication	3	»	1,30	1,30	1,69	5	
13	7e touret aux échelles.	26	1,56	»	»	1,91	50	
14	Galerie de communication	5	»	1,20	1,20	1,44	7	
15	8e touret aux échelles.	37	1,36	»	»	1,45	54	
16	Galerie de communication.	6	»	1,30	1,20	1,56	9	
17	9e touret aux échelles.	19	1,40	»	»	1,54	29	
18	Galerie inclinée suivant la Grande-Veine à l'Aune.	50	»	1,00	1,15	1,15	5[illegible]	
19	Touret d'aérage.	19	1,75	»	»	2,40	4[illegible]	
20	Galerie d'aérage sinueuse le long du cran	245	»	1,20	1,20	1,44	35[illegible]	
21	Restant de la galerie d'aérage jusqu'aux tailles. .	366	»	1,35	1,15	1,78	65[illegible]	
22	Parcours en descendant au front des tailles. . . .	111 73	» »	0,85 0,85	2,75 0,80	2,34 0,68	25[illegible] 5[illegible]	
23	Costresse jusqu'à la dernière voie tierne.	157	»	1,30	1,10	1,43	22[illegible]	
24	Restant de la costresse jusqu'au bouveau.	472	»	1,75	1,30	2,28	1,07[illegible]	
25	Bouveau de traînage.	87	»	1,75	1,20	2,10	18[illegible]	
26	Partie du puits d'extraction.	30	2,80	»	»	6,16	18[illegible]	
27	Autre partie du puits.	25	2,80	»	»	6,16	15[illegible]	
28	Id.	53	3,50	»	»	9,62	51[illegible]	
29	Id.	18	2,25	»	»	3,98	7[illegible]	
30	Id.	25	4,50	»	»	13,90	39[illegible]	
31	Id.	66	2,25	»	»	3,98	26[illegible]	
32	Id. dans le cuvelage.	30	»	2,00	1,75	3,30	10[illegible]	
33	Restant du puits d'extraction.	31	2,25	»	»	3,98	12[illegible]	
	TOTAUX ET MOYENNES. . .	2,137	1,74	»	»	2,37	5,1[illegible]	

Dans les observations qui ont été faites le 7 et le 12 novembre 1844, les températures ont été mesurées au moyen d'un thermomètre centigrade, les pressions de l'air au moyen d'un manomètre à eau, et les vitesses de l'air dans les galeries, au moyen de la poudre.

1° *Expériences du 7 novembre* 1844.

Température moyenne à la surface. . .	— 13	degrés.
Température moyenne dans les tourets aux échelles jusqu'à la profondeur de 267^m, où est placé le gazomètre.	17	—
Température à l'extrémité du bouveau de trainage (278^m de prof.)	21	—
Température à peu près au milieu de la costresse.	23	—
Température dans la costresse, à 6^m en	23	—
deça des tailles	23	—
Température dans la galerie d'aérage, vis-à-vis de l'écurie.	22	—
Température de la place d'accrochage.	27	—
Température dans la chambre de fabrication du gaz.	24	—
Température moyenne dans le puits d'extraction et d'appel.	»	
Depuis la surface jusqu'au débouché de l'air venant de la mine, à la profondeur de 248 mètres	24	
Pression de l'air sur la porte du gazomètre, à 267^m de profondeur.	4 millimèt.	

NB. Lorsque l'on ouvre les deux portes du bouveau inférieur, le liquide se met instantanément au même niveau dans les deux branches du manomètre.

Pression de l'air sur l'une des deux portes établies dans la galerie de communication, entre le commencement de la costresse et la galerie d'aérage, vis-à-vis de l'écurie, l'autre porte étant ouverte. . . . . — 3 millimèt.

Volume d'air passant par seconde à l'extrémité du bouveau de traînage.	0,34 mèt. cu
Volume à peu près au milieu de la costresse	0,33 —
Volume dans la galerie d'aérage, vis-à-vis de l'écurie	0,36 —
Moyenne.	0,34 mèt. cub

2° *Expériences du 12 novembre 1844.*

Température moyenne à la surface. . .	— 9 degrés.
Température moyenne dans les tourets aux échelles jusqu'à la profondeur de 267^{m}, où est placé le gazomètre.	15 —
Température à l'entrée de l'air dans la galerie d'aérage	19 —
Température à 4^{m} au delà de la taille, dans la costresse.	22 —
Température à peu près au milieu de la costresse.	23 —
Température dans la costresse, près du bouveau de traînage	23 —
Température dans le bouveau.	23 —
Température moyenne dans le puits d'extraction et d'appel, depuis la surface jusqu'à la profondeur de 278^{m}, où est située la place d'accrochage.	27 —
Pression de l'air sur la porte du gazomètre, le sommet du dernier touret dont le pied touche au gazomètre étant bouché par un double rideau en toile, qui avait pour destination de détourner vers la galerie d'aérage de la couche Grande-Veine à l'Aune, la plus grande partie du courant ventilateur.	1 $^1/_2$ millim

Pression de l'air sur l'une des deux portes établies dans la galerie de communication de la costresse à la voie d'aérage, l'autre porte étant ouverte.	8 millimètr.
Volume d'air passant par seconde à l'extrémité du bouveau de traînage.	0,69 mèt. cub.
Volume d'air à peu près au milieu de la costresse	0,51 —
Volume d'air dans la galerie d'aérage, vis-à-vis de l'écurie	0,60 —
Moyenne	0,60 —

3° *Expériences du 12 décembre 1844.*

Dans ces dernières expériences, j'avais pour but unique de déterminer la quantité d'air qui se perdait dans les *retrouages*, c'est-à-dire, dans les anciennes galeries de communication des tourets au puits d'extraction, galeries qui n'étaient, comme on va le voir, que très-imparfaitement bouchées par les doubles portes à demeure, ou par les remblais. A cette date, l'on avait abandonné l'exploitation de la tranche inférieure de la couche Grande-Veine à l'Aune vers l'ouest, à l'étage de 278^{m}, et l'on venait d'entreprendre celle de la tranche immédiatement supérieure, par un plan incliné pris à 355^{m} de distance du bouveau et coupant les remblais de la tranche inférieure; ce plan incliné avait 108^{m} de longueur suivant l'inclinaison de la couche, et 30^{m} de hauteur verticale.

Température moyenne à la surface, . .	— 5 degrés.
Température dans la galerie amenant l'air frais de la surface à la tête du 2e touret ou *royon* accolé au puits d'extraction : il y avait d'épais glaçons au sol de cette galerie.	— 5 —

Température moyenne dans les tourets aux échelles, jusqu'à la profondeur où est établi le gazomètre.	+ 5 —
Température au commencement de la galerie d'aérage	15 —
Température dans la costresse.	22 —
— dans le bouveau, près du puits d'extraction	24 —
Température moyenne dans le puits d'extraction et d'appel, depuis la surface jusqu'à la place d'accrochage (278m de profondeur)	26 —
Pression de l'air sur l'une des deux portes établies dans la galerie de communication de la costresse à la voie d'aérage, l'autre porte étant ouverte	3 ½ millimèt
Volume d'air passant par seconde dans la galerie amenant l'air frais du pied du puits creusé dans le mort terrain, à la tête du royon	2,10 mèt. cubes
Volume d'air passant par seconde à l'extrémité du bouveau de traînage	0,86 —
Id. dans la galerie d'aérage, vis-à-vis de l'écurie.	0,66 —
Id. dans la costresse, à 250m environ du bouveau.	0,78 —
Moyenne aux trois dernières stations.	0,77 —

Je vais maintenant faire ressortir quelques-unes des con séquences principales que l'on peut tirer, pour l'aérage de mines en général, des expériences dont je viens de rappor ter les résultats.

D'abord il résulte des derniers chiffres que les *deux tie* à peu près (1,33 sur 2,10 mètres cubes) de l'air frais arri

vant à la tête du royon, se perdent par les *retrouages*, des tourets au puits d'extraction, avant d'atteindre les travaux d'exploitation. Cette circonstance explique le refroidissement considérable qu'éprouve l'air échauffé au fond du puits, à partir de l'emplacement du gazomètre jusqu'à la surface, refroidissement que j'ai trouvé être de 10 à 15°, et démontre en même temps la nécessité de rendre complétement indépendants l'un de l'autre, le puits d'extraction et le puits d'aérage, c'est-à-dire de boucher hermétiquement les anciennes galeries de communication entre le puits d'entrée de l'air frais et le puits d'appel.

La quantité d'air qui parcourait les travaux, le 12 novembre 1844, était à peu près double de celle qui y circulait le 7 du même mois (0,60 et 0,34 mètr. cub.); mais, outre les trois causes de perte que j'ai déjà signalées, lorsque le courant d'air passait autour de l'emplacement du gazomètre, à savoir, les nombreuses fissures de la maçonnerie, l'ouverture probablement fréquente de la porte du gazomètre, et l'ouverture simultanée des deux portes du bouveau inférieur, par laquelle la circulation de l'air se trouvait subitement interrompue, il faut observer que la colonne d'air échauffé était plus grande le 12 que le 7 novembre (278^{m} et 248^{m}), que l'air entrant était plus froid (15 et 17°), et l'air sortant plus chaud (27 et 24°), de sorte que la différence de température des deux colonnes d'air, et par conséquent la hauteur génératrice du mouvement, était beaucoup plus grande le second jour que le premier, puisque cette différence moyenne de température était de 12 degrés centigrades, le 12, et seulement de 7 degrés centigrades, le 7 novembre 1844.

Le volume de l'air entrant dans la mine étant 1 à 0° de température, sera $1+0,00375\times17=1,06375$ à 17° ; par la même raison, le volume de l'air sortant sera $1+0,00375\times24=1,09$ à 24°. Le rapport du second volume au premier est approximativement $\frac{1,090}{1,064}=1,0244$;

l'excédant de poids de l'air entrant sur l'air sortant équivala
donc, le 7 novembre 1844, au poids d'une colonne d'a
échauffé à 24° et saturé de vapeur, de $248^m \times (1,0244-1)$
$=248^m \times 0,0244=6^m05$ de hauteur. Or, nous avons vu qu
la pression de l'air sur la porte du gazomètre n'était plus, e
colonne d'eau, que de 4 millim., ou en air chaud et satur
de vapeur, de 3^m20; d'où il faut conclure que 2^m85 sur 6^m05
c'est-à-dire près de la moitié de la hauteur génératrice d
mouvement de la force motrice, était détruite par le frottement que l'air, avant d'atteindre les galeries d'exploitation
éprouvait en passant par les tourets aux échelles.

Si l'on applique les mêmes calculs aux données du 12 nov
1844, l'on obtient à peu près le même résultat, et il vient

$1+0,00375 \times 15°=1,05625=$ volume de l'air entrant;

$1+0,00375 \times 27°=1,10125=$ volume de l'air sortant;

$\frac{1,10125}{1,05625}=1,0426=$ rapport du second volume au premier

$278^m \times (1,0426-1)=11^m84=$ hauteur de la colonne d'ai
échauffé à 27° et saturé de vapeur, génératrice du mouvement;

$6^m40=$hauteur de la colonne d'air au même état, qu
mesure la pression exercée sur la porte établie dans la galerie de communication entre la voie d'aérage et le commen
cement de la costresse;

$11^m84-6^m40=5^m44=$hauteur de la colonne génératric
du mouvement, dont l'effet unique est de faire passer l'ai
frais par les tourets aux échelles, de telle sorte qu'il ne rest
pas encore beaucoup plus de la moitié de la force motric
pour faire circuler cet air dans les travaux d'exploitatio
proprement dits.

L'on peut juger, d'après cela, combien il importe d'affecter à l'aérage un puits spécial d'une section suffisante
ou du moins de donner aux tourets contenant les échelle
avec leurs paliers, des dimensions telles que l'air y trouve u
libre passage pour arriver aux travaux, sans perdre un
grande partie de sa vitesse.

Dans un mémoire imprimé en 1840, par les soins de l'Académie royale des sciences et belles lettres de Bruxelles, j'ai été conduit, en discutant les conditions générales d'un bon aérage des mines, à cette formule, $V=8,85\sqrt{\frac{ha(t'-t)D}{L}}$, qui donne la vitesse de l'air quand on connait les dimensions des puits et des galeries, et la température de l'air circulant dans la mine.

Introduisons dans cette formule les données des observations faites, le 7 et le 12 novembre 1844, dans les travaux du puits n° 2 des Vingt-quatre Actions.

Nous avons, pour le cas particulier dont il s'agit et au 7 novembre 1844 :

$$h=248$$
$$a=0,00375$$
$$t=17^{\circ}$$
$$t'=24^{\circ}$$
$$D=1^{m}71$$
$$L=2,174^{m}.$$

La section moyenne de la conduite$=2^{m2}29$, et par conséquent,

$$V=8,85\sqrt{\frac{248\times0,00375\times7\times1,71}{2174}}=8,85\sqrt{0,00512}=$$

$8,85\times0,0716=0^{m}63=$la vitesse moyenne de l'air dans les travaux.

Si l'on multiplie cette vitesse moyenne par la section moyenne de la conduite, ou $2^{m2}29$, il vient : $0,63\times2,29=1^{m3}44$ d'air par seconde.

Mais, comme je l'ai dit ci-dessus et comme je l'ai constaté par mes expériences du 12 décembre 1844, les deux tiers environ de l'air frais qui est introduit dans le puits de descente, gagnent immédiatement le puits d'extraction par les retrouages, sans parcourir les travaux, de sorte qu'en

tenant compte de cette circonstance, il reste seulement $1,44-0,96=0^{mc}48$ d'air par seconde, quantité qui peut probablement être réduite encore de 10 à 14 centièmes de mètre cube, à cause des pertes qui ont lieu au gazomètre et par l'ouverture des portes d'aérage dans les travaux, et qui devient alors précisément celle que j'ai trouvée par expérience, c'est-à-dire *un tiers de mètre cube* environ par seconde.

D'après les observations du 12 novembre, nous avons :

$$h=278$$
$$t=15^\circ$$
$$t'=27^\circ$$
$$D=1,74$$
$$L=2,157.$$

Section moyenne de la conduite $=2,37$ mètres carrés.

Et ensuite :

$$V=8,85\sqrt{\frac{278\times0,00375\times12\times1,74}{2,157}}=8,85\sqrt{0,0101}=$$

$8,85\times0,1=0^{m}885$=la vitesse moyenne de l'air dans les travaux.

Multipliant cette vitesse par la section moyenne de la conduite, et déduisant les deux tiers du produit, il vient :

$$\frac{2,37\times0,885}{3}=\frac{2,10}{3}=0,70 \text{ mètre cube d'air par seconde},$$

quantité qui ne surpasse que *d'un sixième* la moyenne de celles que j'ai trouvées par expériences, le 12 novembre 1844 (0,60 mètre cube), et que l'on peut dire précisément égale à celle qui résulte de mes observations dans le bouveau de traînage (0,69, je dis *soixante-neuf centièmes de mètre cube par seconde*.)

§ 2.—*Considérations générales sur l'éclairage au gaz des travaux de mines.*

Lorsque l'on voit l'emploi du gaz de houille prendre tous les jours une nouvelle extension, non-seulement dans les villes de premier et de second ordre, mais même dans les établissements particuliers d'industrie, il y a lieu de s'étonner que l'on ait attendu jusqu'ici pour essayer d'appliquer ce mode d'éclairage aux travaux de mines; cependant, en y réfléchissant un peu, il n'est pas difficile de découvrir les causes de ce retard. Je crois pouvoir en assigner trois principales.

D'abord les travaux d'exploitation d'une mine de houille et même d'un siége d'extraction, se composent presque toujours de plusieurs ateliers ou tailles, situés à une assez grande distance les uns des autres, sous divers points de la surface, et qui changent continuellement de place.

Un siége d'extraction du 1er district des mines (arrondissement de Mons) n'occupe guère en moyenne, tant à la surface qu'à l'intérieur, que 180 à 200 ouvriers, et un siége d'extraction du second district (arrondissement de Charleroy), que 50 à 60 ouvriers.

Une taille avance journellement de 1 à 2 mètres, et quelquefois même de trois mètres; les plus longues chasses, costresses ou galeries d'allongement, dépassent rarement 1,000 mètres, et sont ordinairement abandonnées après un an, un an et demi et, au plus, deux ans de travail.

Parmi les mines de houille du Hainaut, et peut-être même de la Belgique, il n'y a donc guère que celles dites du *Flénu*, qui, par la régularité de leurs couches, par la durée et le développement de leurs travaux, et par le nombre considérable d'ouvriers qu'elles occupent, soient susceptibles d'être éclairées au gaz; encore est-on forcé, comme nous l'avons vu, de confectionner les tuyaux de conduite en plomb, afin de pouvoir facilement et sans détériorations nota-

bles, les transporter d'une galerie à une autre, lors du déplacement des tailles. D'ailleurs, la matière première, après avoir servi, conserve encore la plus grande partie de sa valeur.

En second lieu, l'on sait que pour prévenir la trop grande pression du gaz, et par conséquent l'usure trop prompte et même la rupture des cornues, l'on place ordinairement l'appareil de distillation et le gazomètre au point le plus bas de la localité qu'il s'agit d'éclairer. Il ne convient pas que la pression du gaz, dans le gazomètre, dépasse 12 centimètres d'eau; or, les puits les plus importants de la province de Hainaut ont maintenant atteint une profondeur qui varie de 200 à 400 mètres, et comme la densité du gaz de houille peut même être inférieure à 0,50, il s'en suit que, dans certaines circonstances, il faudrait que la cloche du gazomètre exerçât une pression de 13 à 26 centimètres d'eau, rien que pour fouler le gaz de la surface au fond des travaux.

C'est pour éviter ce grave inconvénient que la société des Vingt-quatre Actions a placé son gazomètre dans les travaux souterrains et à peu près au fond du puits n° 2; mais j'ai dit qu'elle avait dû, pour cela, creuser dans la roche une excavation de 1,000 mètres cubes environ, qui, à raison seulement de 5 francs le mètre cube de déblais, peut lui avoir occasionné une dépense de 5,000 francs, dépense à laquelle il faut ajouter l'excédant de ce qu'ont coûté les diverses parties de l'appareil, pour être montées dans l'intérieur de la mine, au lieu de l'être à la surface.

Il faut observer encore que cette nécessité d'établir le gazomètre au fond de la mine, empêche de lui donner des dimensions telles que l'on puisse le faire servir à la fois à l'éclairage de plusieurs siéges d'extraction, et rend l'entretien de l'appareil et le travail de fabrication du gaz beaucoup plus difficiles et plus coûteux.

Peut-être y aurait-il un moyen d'établir le gazomètre à la surface : je l'indiquerai ci-après.

Enfin le troisième et principal obstacle qui devait retarder l'introduction de l'éclairage au gaz dans les mines de houille, c'était le danger d'avoir sans cesse un réservoir de gaz inflammable dans les excavations souterraines, où, de temps en temps, les explosions de *grisou* produisaient déjà de si affreux ravages.

Il est évident que l'éclairage au gaz doit être proscrit d'une manière absolue, dans les mines où l'on exploite des couches de houille qui laissent naturellement dégager du gaz hydrogène proto-carboné, et où l'usage des lampes à flamme nue est interdit. Mais cette prohibition doit-elle s'étendre aux autres mines, et la présence du gaz artificiel est-elle beaucoup plus à redouter dans des galeries souterraines *bien aérées*, que dans les chambres et les appartements des habitations particulières ou des édifices publics? Je ne le pense pas, pourvu que l'on prenne toutes les précautions nécessaires et dont les principales ont été indiquées dans l'arrêté de permission relatif à l'appareil décrit ci-dessus.

D'ailleurs, par le fait, en établissant cet appareil, la société des Vingt-quatre Actions me semble complétement avoir résolu la question, puisqu'à cinq ou six reprises différentes, et lors des modifications de l'aérage dont les ouvriers accusaient cependant l'insuffisance, j'ai parcouru les travaux d'exploitation du puits n° 2, sans y apercevoir nulle part, sinon aux becs allumés de la conduite, la trace de l'existence du gaz explosif.

Je terminerai cette notice par quelques considérations sur l'économie possible de l'éclairage au gaz dans les houillères, comparé à l'éclairage ordinaire à l'huile; je dis *économie possible*, parce que les éléments positifs me manquent pour établir cette comparaison avec toute l'exactitude desirable.

J'estime à environ 20,000 frs. la dépense de premier établissement de l'appareil des Vingt-quatre Actions, et de 8 à 10 frs., la dépense journalière de fabrication du gaz,

dans laquelle n'est pas comprise la valeur du combustible consommé, soit, en moyenne, trois hectolitres pesant chacun 80 k., par jour, parce qu'auparavant l'on en consommait même une plus grande quantité pour activer l'aérage.

Si, vu la prompte détérioration de l'appareil et les réparations fréquentes qu'il exigera, l'on compte, comme je crois qu'il est prudent de le faire, l'intérêt de la somme de 20,000 frs., non à 5 ou à 10, mais à 20 p. %, et que l'on suppose une moyenne de 250 jours de travail dans l'année — l'on a, pour la dépense journalière de l'éclairage au gaz, à savoir :

Intérêt de la somme de 20,000 frs.	16 frs.
Dépense de fabrication du gaz.	9
Total.	25 frs.

Or, au mois de novembre 1844, il y avait, à la surface et dans les tourets aux échelles, à peu près 25 becs qui n'étaient allumés que pendant la descente et la remonte des ouvriers, c'est-à-dire, chaque jour pendant quatre heures, et dans la costresse et les voies tiernes, une cinquantaine de becs qui restaient allumés, tout le temps que durait l'extraction de la houille, c'est-à-dire, douze heures environ par jour, depuis quatre heures du matin jusqu'à quatre heures de l'après-midi. La consommation journalière moyenne de chaque bec était donc de $\frac{60}{75} = 0,80 =$ *quatre cinquièmes de mètre cube* de gaz, et coûtait environ $\frac{25}{75} = 33$ centimes. En général, je crois que, pour une mine placée dans les mêmes conditions que celle des Vingt-quatre Actions, l'on pourrait estimer qu'un bec allumé pendant douze heures, consommerait *un* mètre cube de gaz de houille et occasionnerait une dépense de *quarante centimes*.

Avant l'introduction du gaz de houille, l'éclairage des travaux du puits n° 2 coûtait environ 50 frs. par jour : cette dépense a été réduite aux trois cinquièmes ou à 30 frs. par

jour, rien que par la substitution du gaz au suif, pour l'éclairage des tourets aux échelles, lors de la descente et de la remonte des ouvriers, et aux deux cinquièmes ou à 20 frs. par jour, lorsqu'une partie de la costresse et des voies tiernes a été éclairée aux gaz.

Autrefois l'éclairage des mines du Flénu était fixe, c'est-à-dire qu'à chaque longueur de costresse de 12,15 ou 20^{m}, selon les sinuosités des galeries, l'on plaçait une lampe à demeure, ou plutôt un pot à feu qui consommait, pour 40 à 50 centimes, un demi-kilogramme d'huile par jour. L'on voit combien ce mode d'éclairage devenait dispendieux, lorsque les tailles étaient poussées à de grandes distances des puits d'extraction.

Depuis 1842, l'on a donné à chaque ouvrier traîneur (ou *sclonneur*, comme on dit au couchant de Mons) sa lampe qu'il porte constamment avec lui dans tous ses voyages, depuis les tailles jusqu'au puits ; et, dans les mines où l'on a remplacé les hommes par les chevaux pour le transport du combustible dans les costresses, c'est le conducteur du cheval qui est porteur de la lampe, à moins que l'on n'en attache une d'un volume à peu près double au collier du cheval : dans le premier cas, le jeune ouvrier qui suit les wagons (*le suiveur de rames*) porte aussi une lampe ; dans le second, il en est dépourvu.

Une lampe ordinaire ne consomme guère que deux décilitres, ou pour 15 centimes d'huile par jour ; un cheval remplace huit traîneurs et fait le service de 125 à 150 mètres de costresse ; de sorte que, par la substitution de l'éclairage mobile à l'éclairage fixe, l'on a effectué une grande économie, surtout dans les mines où le transport du charbon sur les voies horizontales s'opère par chevaux.

L'extraction moyenne et journalière par un puits du Flénu, est 2,500 hectolitres ; pour obtenir cette extraction, l'on emploie, dans l'intérieur des travaux, 200 à 230 ouvriers, à savoir :

Porions et marqueurs (chefs mineurs)	4
Ouvriers à veine (mineurs proprement dits)	70
Bouteurs (déblayeurs de charbon)	9
Chargeurs à la taille	9
Sclonneurs (traîneurs)	24
Conducteurs de chevaux	4
Suiveurs de rames (jeunes ouvriers qui suivent les wagons)	4
Chargeurs au cuffat (à l'accrochage)	4
Avanceurs de chariots (aides chargeurs)	5
Coupeurs de voies (mineurs)	22
Remeneurs-terres (traîneurs de déblais)	8
Releveurs-terres (remblayeurs)	20
Répareurs de voies, placeurs de rails, etc.	8
Divers, aux plans-inclinés, dans le puits, etc.	6
Jambots (jeunes ouvriers) et manœuvres	15
Total. .	210

Mais de ces 210 ouvriers, il y en a tout au plus 80 dont on parviendra à remplacer les lampes par la lumière du gaz; en voici l'indication :

Chargeurs à la taille	9
Sclonneurs	24
Conducteurs de chevaux	4
Suiveurs de rames	4
Chargeurs au cuffat	4
Avanceurs de chariots	3
Remeneurs-terres	8
Divers, répareurs de voies, jambots, manœuvres	24
Total. .	80

Soit donc 80 lampes ordinaires, consommant environ un cinquième de litre d'huile par jour (le litre d'huile pèse 0kil.gr90 et coûte de 80 c. à un franc le kilogr.), à remplacer par l'éclairage au gaz; il faut y ajouter 8 ou 10 grosses

lampes à placer à demeure dans les puits de descente, à l'accrochage, dans l'écurie, etc., et qui peuvent consommer le double de ce que brûle une lampe ordinaire, soit donc, en définitive et au *maximum*, une centaine de lampes ordinaires. auxquelles, dans un siége d'extraction du Flénu, l'on peut espérer, dans l'état actuel des choses, de substituer l'éclairage au gaz de houille. Dans cette hypothèse, l'intérêt des frais de premier établissement de l'appareil, avec tous ses accessoires, et la dépense de fabrication du gaz, ne devraient pas dépasser 15 francs par jour; or, nous avons vu qu'au puits n° 2 des Vingt-quatre Actions, cette dépense totale journalière pouvait s'élever à 25 francs.

Il est, je crois, un moyen facile d'éviter ce surcroît de dépense, uniquement dû aux difficultés de construction, au fond de la mine, de l'appareil destiné à la production du gaz : c'est de le construire à la surface et à une certaine distance du puits; mais en y joignant deux gazomètres de dimensions différentes : le premier et le plus grand recevrait directement le gaz à une faible pression venant de l'épurateur; l'on enverrait ensuite le gaz dans l'autre, auquel il suffirait de donner un volume de 15 à 20 mètres cubes, à l'aide d'une pompe foulante qu'un seul homme pourrait manœuvrer, même lorsqu'il s'agirait de pourvoir à l'alimentation de 100 becs placés à 400 mètres de profondeur, ce qui correspond au *maximum* du travail mécanique actuellement nécessaire pour un siége d'extraction. Du reste, si ce travail devait être plus grand, rien n'empêcherait d'y appliquer plus d'un homme, un cheval ou la force perdue d'une machine à vapeur d'extraction. Il est inutile d'ajouter que la cloche du petit réservoir devrait être chargée d'un poids proportionné à la force de propulsion requise pour imprimer au gaz, dans les tuyaux de conduite, une vitesse convenable, et le faire sortir par les becs d'éclairage au fond de la mine, sous une pression constante de deux centimètres d'eau.

En le construisant à la surface, un seul appareil de distillation, avec un gazomètre de grandes dimensions, pourrait servir à l'éclairage des travaux de plusieurs puits, pourvu que ces puits fussent assez rapprochés, comme ils le sont effectivement au couchant de Mons, d'où résulterait une grande économie dans les frais de production du gaz; cependant il faudrait établir un petit gazomètre ou réservoir, à pression supérieure, près de chacun des puits.

Enfin, par ce système, l'on ferait disparaître le plus grand danger que l'on ait à redouter de l'éclairage au gaz des travaux de mines, je veux dire le danger d'explosion d'un vaste réservoir de gaz inflammable placé dans un espace fermé, il est vrai, mais près d'un foyer de combustion et au voisinage de galeries où circule constamment un nombre d'ouvriers considérable, et, j'en suis convaincu, une grande amélioration resterait acquise à l'exploitation de nos charbonnages.

Mons, le 31 juillet 1845.

LÉGENDE DES PLANCHES III ET IV.

PLANCHE III.

a Massif des fourneaux.
b Foyers.
c Cendriers.
d Fours.
e Cheminée.
f Cornues.
g Colonnes montantes.
h Barillet.
i Cuve à goudron.
j Laveur et condensateur.
h Épurateur.
l Citerne contenant les tuyaux d'entrée et de sortie du gaz et la caisse à syphon.
m Cuve en maçonnerie du gazomètre.
n Gazomètre.
o Sonnette d'alarme.

PLANCHE IV.

A Puits d'extraction n° 2.
ab Bouveau de traînage.
b Écurie.
bc Costresse à l'ouest, dans la couche Grande-Veine à l'Aune.
cd Tailles en activité au 2, au 7 et au 12 novembre 1844.
defg Galerie d'aérage.
gh Touret d'aérage.
hi Bouveau à l'étage de 248^{m} servant maintenant à l'aérage.
j Emplacement de l'appareil à gaz.
kj Galerie inclinée suivant la couche Petite-Veine à l'Aune.

lm Galerie inclinée suivant la couche Grande-Veine à l'Aune.

no, pq Cran *Pierre Sault*.

1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10. Tourets aux échelles par où l'air descend aussi dans les travaux.

2 Compartiment du puits d'extraction dans le cuvelage dit *Royon*.

N. B. L'emplacement des tuyaux de conduite du gaz est indiqué par une ligne pointillée ; celui de chacun des becs de gaz, par une petite croix en lignes pleines ; la direction du courant tel qu'il était établi à la date du 7 novembre 1844, par de petites flèches, et enfin tel qu'il était établi à la date du 12 novembre 1844, par des flèches plus allongées.

PROGRÈS DANS L'ART D'EXPLOITER LA HOUILLE,

DANS LE BASSIN DE SERAING, PRÈS DE LIÉGE;

PAR MM. L. MUESELER, INGÉNIEUR DES MINES, A LIÉGE, ET C. BUTTGENBACH, DIRECTEUR DES CHARBONNAGES DES SIX-BONIERS, A SERAING.

Les couches de houille, dans le canton de Seraing, sont disposées en dressants et en plateurs, formant des bassins dont la direction est assez généralement de l'est à l'ouest.

Vers l'extrémité ouest du bassin, l'encaissement calcaire, en se rétrécissant, semble ne plus avoir permis au terrain houiller de se former en plateur; car les couches en dressant y sont puissantes, régulières et de bonne qualité, tandis que les plateurs y sont rares et de peu d'étendue.

Jusque vers 1823, les principaux bures du bassin de Seraing n'avaient guère atteint qu'une profondeur d'environ 265 mètres. Il était difficile de dépasser cette profondeur, à cause du peu de puissance des moyens d'extraction dont on se servait alors, lesquels consistaient en machines à molettes, mues par des chevaux.

Disons quelques mots sur la manière dont, à cette époque, on établissait les travaux d'exploitation.

Le bure d'extraction A (fig. 1 et 2, pl. V et VI) avait assez généralement 2^{m}40 de largeur, sur 3^{m} à 3^{m}30 de longueur, et, pour en assurer la solidité, on le disposait de manière

que la longueur fût perpendiculaire à la direction du terrain. Ces bures étaient boisés de haut en bas, au moyen de cadres en chêne, établis à 0m90 de distance, plus ou moins, suivant la solidité ou la nature du terrain.

A proximité de ce bure principal, on en construisait deux autres, B et C, qui, de distance à autre, étaient mis en communication avec celui-ci ; ces communications, destinées à faciliter l'aérage, servaient en même temps à l'extraction des déblais, au moyen de l'appareil établi sur le grand bure.

Lorsque ces bures étaient arrivés à la profondeur voulue, on ouvrait ordinairement deux tranchées d'extraction, D, D', que l'on avançait dans des directions opposées, l'une au nord et l'autre au sud, en recoupant transversalement le terrain houiller, dont la disposition et la nature indiquaient la marche à donner aux travaux.

A environ 10m60 au-dessus de ces tranchées, on en ouvrait deux semblables, E, E', moins spacieuses et destinées au retour de l'air. Ces tranchées étaient mises en communication, d'abord avec les bures d'aérage B et C, et ensuite avec les tranchées d'extraction D et D', à la rencontre des couches de houille.

La hauteur des dressants étant d'environ 177m, ces tranchées à travers bancs, dont la section n'était ordinairement que de 1m244 à 1m280, avaient beaucoup plus de chances de rencontrer les couches en dressant qu'en plateur.

Si nous nous arrêtons maintenant à considérer ces travaux sous le rapport de l'aérage, nous trouverons que la colonne d'air descendant dans le bure d'extraction, se divise en deux parties au pied de ce bure, l'une passant par la tranchée nord, et l'autre par la tranchée sud, et chacune suivant la direction qui lui est propre pour arriver à la surface.

Dans chacune des couches de houille traversées par les tranchées, on établissait deux tailles F, F', l'une à l'est et l'autre à l'ouest. Ces tailles étaient verticales, ainsi qu'on le

voit par la figure 2, et, à la rencontre des couches, le courant d'air de la tranchée d'extraction se subdivisait en trois parties, l'une continuant sa direction primitive par la tranchée, et les deux autres suivant respectivement les galeries d'extraction établies dans la couche.

Si l'une de ces tailles absorbait une trop grande quantité d'air au détriment de l'aérage des autres, on rétrécissait sa galerie d'aérage à son débouché dans la tranchée ; on parvenait ainsi à régler d'une manière convenable l'aérage de chaque taille.

Lors de l'épuisement de la couche, par les niveaux G et G', on ouvrait deux *bouxtays* H, H', d'environ 26m de profondeur, et au fond de ces bouxtays, on établissait des galeries horizontales I, I', semblables aux galeries supérieures.

L'extraction, dans ces bouxtays, se faisait à bras, au moyen de treuils, et l'on continuait ainsi l'exploitation, en descendant, par bouxtays successifs, jusqu'à des profondeurs qui étaient d'autant plus considérables que la couche était plus productive, l'aérage plus puissant et la venue d'eau peu abondante.

Les anciennes traditions nous apprennent que, depuis plus d'un siècle, ce mode d'exploitation était généralement suivi, et il a subsisté jusque vers 1822.

Comme on le voit, le système de la division de l'aérage en plusieurs courants (dont les avantages sur l'aérage non divisé sont rapportés par M. Combes, dans son traité de l'aérage des mines) était connu et pratiqué dans les mines de Seraing, plus d'un siècle avant que D'Aubuisson nous en eût fait connaître la théorie.

De 1822 à 1828, les perfectionnements se sont succédé, dans les mines du bassin de Seraing, avec une rapidité étonnante. Les machines à molettes ont été remplacées par les machines à vapeur, pour l'extraction de la houille ; aux *chiffs* ou grosses chaines d'extraction, on a substitué les cordes plates en chanvre ; et comme, par ce nouveau moyen, l'ex-

traction a été plus accélérée, on a divisé le bure en deux compartiments égaux, afin d'éviter la rencontre des deux paniers, ce qui a, en outre, puissamment contribué à consolider le boisage.

Par suite de l'établissement de ces puissants moteurs, on a pu descendre à des profondeurs auxquelles on n'aurait pu atteindre avec les moyens précédents. Différents étages avec grandes tranchées, ont été successivement établis dans les bures d'extraction ; par ce moyen, on a pu abandonner l'exploitation par bouxtays dans la veine, et ramener ainsi le transport de la houille à un même niveau.

Cette circonstance a bientôt amené l'emploi des chemins de fer, et, dans quelques houillères, le remplacement des hommes par les chevaux, pour le transport de la houille. Pour la première fois, dans ces grandes exploitations, les paniers d'extraction ont pu être conduits à la surface tels qu'ils avaient été chargés à la taille.

Le développement des travaux souterrains portés successivement à de grandes profondeurs, a amené la crainte et le danger réel de l'irruption des eaux. En conséquence, on a aussi perfectionné les moyens d'épuisement : les anciennes pompes ont été remplacées par les pompes à cylindre plongeur. Ces pompes, dont l'effet est supérieur à celui des pompes anciennes, ont, en outre, l'avantage d'occasionner moins de frais d'entretien, tout en présentant moins de chances d'accident.

Après ces changements, il ne restait, pour que la révolution fût complète, qu'à perfectionner l'exploitation proprement dite, c'est-à-dire, la manière de *détacher la houille du vif-thier* (front de taille) : c'est ce qui a été fait dans ces derniers temps.

Ce perfectionnement de l'exploitation, quoique moins apparent que tous ceux qui l'avaient précédé, était cependant d'une bien grande importance, et présentait des difficultés d'exécution qui n'auraient pu être soupçonnées, puisqu'il

s'agissait d'abord de modifier les habitudes d'un grand nombre d'ouvriers.

Jusqu'en 1834, dans le bassin de Seraing, la manière de détacher la houille d'un front de taille avait été abandonnée à la routine. Dans quelques cahiers des charges, on avait bien prescrit aux concessionnaires d'exploiter par grandes tailles; mais de la prescription à l'exécution de semblables projets, il y a une grande distance, et, malgré ces prescriptions, on n'avait pas moins continué, dans les dressants comme dans les plateurs, à exploiter par tailles de 10 à 12^m, telles qu'on les pratiquait depuis plus d'un siècle.

On sait que chaque couche a une puissance de dilatation d'autant plus considérable que la couche contient plus de gaz et qu'elle se rencontre à de plus grandes profondeurs. Or, le vif-thier de ces dernières tailles ne présentant pas autant de développement que celui des grandes tailles ou des tailles en gradins, le travail de la dilatation de la couche ne s'y opérait pas convenablement, et dès lors l'ouvrier ne pouvait ni produire autant de grosse houille ni en détacher une aussi grande quantité.

Outre ces inconvénients, lorsque ces tailles de 10 à 12^m étaient établies dans les dressants, les ouvriers avaient besoin de plus d'adresse dans le boisage et couraient plus de dangers encore par la manière dont ils se trouvaient superposés les uns aux autres.

C'est aux concessionnaires de la houillère de l'*Espérance*, à Seraing, que l'on doit l'introduction, dans le pays de Liége, du mode d'exploitation par tailles en gradins, dans les couches de houille disposées en dressants.

En 1834, ils appelèrent des environs de Mons un directeur d'exploitation, M. Goret; celui-ci arriva avec un grand nombre d'ouvriers, auxquels les concessionnaires donnèrent plusieurs couches en dressant à exploiter par cette méthode. Ces ouvriers rencontrèrent d'abord beaucoup d'opposition de la part des ouvriers liégeois, qui critiquaient ouverte-

ment ce mode d'exploitation. M. Goret ayant quitté l'établissement, fut remplacé par M. Plumat, qui y employa d'autres ouvriers. Enfin M. Bourlard, le directeur actuel des travaux, fut spécialement chargé de la direction de la fosse *Morchamp*. Malgré la persévérance des propriétaires et l'activité des directeurs, on ne put, après les deux premières années de pratique, constater d'autre avantage que celui d'un plus grand avancement journalier, et, par suite, d'une plus grande production. Il en résultait que, par ces tailles, étant arrivées plus tôt aux limites de la concession, les galeries de roulage et d'aérage n'exigeaient pas autant de réparations que celles des tailles verticales.

Après un certain temps, les rivalités disparurent et l'on put placer, dans une même taille, les ouvriers du pays à côté de ceux de Mons. Alors le succès ne fut plus douteux; la méthode d'exploiter par gradins fut adoptée par les houillères voisines, et aujourd'hui elle est pratiquée avec une supériorité qui nous a paru digne d'être constatée.

Ayant en notre possession des indications sur l'ancien mode d'exploitation pratiqué dans les couches *Dure-Veine*, *Grande-Veine* et *Malgarnie*, à la houillère des *Six-Boniers*, où le nouveau mode par gradins est aujourd'hui en usage, nous avons choisi de préférence cette houillère pour établir des comparaisons entre les deux procédés.

Nous pensons que, dans ces appréciations, il importe d'avoir égard : 1° à la sûreté des ouvriers; 2° au prix de revient de l'hectolitre de houille détaché du *vif-thier*, et 3° au temps employé pour le travail.

Les figures 3 et 4 représentent une taille à front vertical, établie dans le dressant de la couche *Grande-Veine*, telle qu'on la pratiquait anciennement, c'est-à-dire avant 1834, dans toutes les couches en dressant du bassin de Seraing.

Le courant d'air arrive par la galerie de roulage A, monte dans la taille et retourne par la galerie d'aérage B, qui communique à la maîtresse tranchée d'aérage.

Le boisage de la galerie de roulage se compose : 1° de deux étançons C, C'; 2° d'une pièce de bois D, dite *ponte*, appuyée sur ces deux étançons, et 3° d'une pièce de bois E, dite *tendrai*, servant à soutenir le tout.

Ainsi qu'on peut le voir, le boisage de la galerie d'aérage B forme un cadre complet.

Quatre espèces de bois sont employées dans le boisage de la taille : des perches en bois blanc *f*, dites *béles*, d'environ 3m50 de longueur sur 0m10 de diamètre, appliquées verticalement le long du toit et du mur de la couche, et formant ainsi des séries placées à 1m18 les unes des autres : ces béles maintiennent contre le toit et le mur de la couche, d'autres pièces de bois ou bâtons *g*, dites *wâtes*[1], de 1m50 de longueur sur 0m04 de diamètre ; des bois de taille ou *étançons* *h*, servant à serrer contre le toit et le mur de la couche les béles *f*; des pièces de bois *i* dites *tendrais*, qui sont emboîtées dans le toit et le mur de la couche, et sur lesquelles les ouvriers établissent leur palier pour travailler : ces tendrais servent encore à maintenir le boisage contre la poussée latérale, soit du remblai, soit de la houille en *vif-thier*; enfin, lorsque la roche est friable, on la maintient en plaçant entre elle et les pièces de *wâtes g*, des branches (rameaux) dites *vezoutes*, pour empêcher les fragments de pierres de se détacher et de se mêler au charbon.

Cette taille de 18 mètres de hauteur, avait un avancement journalier de 1m18, indiqué par chaque rangée de boisage, et était exploitée par 9 ouvriers.

Cet avancement se faisait ordinairement pendant le jour ; la nuit, on travaillait au bosseyement, au boisage et au remblai, afin de pouvoir recommencer le lendemain à détacher la houille.

[1] Wâte, signifie *garde*, c'est-à-dire des pièces de bois qui *gardent* ou maintiennent contre le toit ou le mur de la couche, les fragments de roche qui pourraient s'en détacher.

Chaque avancement de 1m18 coûtait, savoir :
Main-d'œuvre pour détacher la houille,

9 ouvriers coupeurs, à fr.	2,80	. . .	25,20
1 chef de taille([1]) . . . -	2,35	. . . .	2,35
2 étançonneurs. . . . . -	2,35	. . .	4,70
			32,25

Main-d'œuvre pour faire le bosseyement, le boisage des galeries et le remblai :

1 chef de taille . . . . . fr.	2,35	. . . .	2,35
1 chargeur de pierres. -	1,70	. . . .	1,70
1 accrocheur de mannes. -	1,30	. . . .	1,30
2 tourneurs. . . . . . . -	1,40	. . . .	2,80
1 bourreur de remblai . -	1,20	. . . .	1,20
2 bosseyeurs . . . . . . -	2,35	. . . .	4,70
			14,05

Valeur des bois employés :

7m20 de baliveaux pour la voie de roulage	2,88 ;
6m60 de baliveaux pour la voie d'aérage.	2,64 ;
15 *fats* ([2]) de wâtes, contenant chacun 12 bâtons, à fr. 0,35 le fat.	5,25 ;
28 fats de veloutes à fr. 0,05.	1,40 ;
8 béles formées de 4 1/2 perches, à fr. 0,50.	2,25 ;
26 bois de taille et tendrais formés de 3 1/2 perches, à fr. 0,50.	1,75
	16,17
Total. fr.	62,47

Le cube de la houille détachée par avancement de 1m18, de la couche *Grande-*

([1]) Anciennement, dans toutes les mines de Seraing, il y a toujours eu, à chaque taille, un ouvrier intelligent, spécialement chargé de surveiller l'éclairage, dans le but de prévenir les coups de feu : cet ouvrier se nommait garde-feu; aujourd'hui, depuis que cet emploi a été rendu obligatoire par l'administration des mines, on le désigne sous le nom de chef de taille.

([2]) Fat, synonyme de botte.

Veine, dont la puissance est de 0^{m}90, est de 1,18×18×0,90. . . . . =19$^{m^3}$116

Le foisonnement de la houille, que nous estimons à 30 pour °/₀ de son volume en roche, augmente cette quantité de . . . . . 5$^{m^3}$734

24$^{m^3}$850

ou 248 hectolitres de houille, qui ont coûté la somme de fr. 62,47, soit fr. 0,25 par hectolitre.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, postérieurement à 1834, ce mode d'exploitation fut presque généralement abandonné et remplacé par le système des tailles en gradins renversés.

Les fig. 5 et 6 représentent l'une de ces tailles, telle qu'elle a été établie dans le même dressant de la couche *Grande-Veine*, au bure S^{te}.-Barbe, charbonnage des *Six-Boniers*.

Il est facile de voir, à la seule inspection des figures, que cette taille présente plus de sécurité pour les ouvriers que la taille verticale; car, dans celle-ci, lorsqu'il survenait un éboulement, n'importe sur quel point, les paliers étaient emportés et tous les ouvriers tombaient l'un sur l'autre, pêle-mêle avec les pierres; tandis que, dans les tailles en gradins, lorsqu'il survient un éboulement, ce n'est ordinairement qu'à un gradin, et cela ne peut atteindre que l'ouvrier qui y travaille.

Dans cette taille, comme dans la taille verticale dont nous venons de faire la description, le courant d'air arrive par la galerie de roulage A, parcourt tous les gradins et retourne par la galerie d'aérage B.

Les boisages de chacune de ces galeries A et B, sont aussi conformes à ceux des mêmes galeries dans la taille verticale. Enfin, dans cette taille en gradins, les différentes rangées de boisage C, sont également placées à 1^{m}18 l'une de l'autre.

Cette taille, qui a aussi 18^m de hauteur, est composée

de 8 gradins, ayant chacun 3m54 de longueur sur 2m25 de hauteur. De distance en distance, des cheminées D (*chaffours*) sont laissées dans le remblai, pour la descente du charbon sur la galerie de roulage. On a soin de tenir ces cheminées constamment remplies, afin d'éviter le bris de la grosse houille et d'empêcher le passage de l'air. Au bas de chacune de ces cheminées, débouchant au ciel de la galerie de roulage, sont établis des tiroirs que l'on ouvre et ferme à volonté, pour laisser tomber le charbon dans les chariots d'extraction, et lorsque, par suite de l'avancement de la taille, on est obligé d'établir une nouvelle cheminée en avant de la première, on doit en même temps supprimer la dernière, parce que, ne se trouvant plus sous aucun gradin en exploitation, son service devient inutile; pour cela, on la bouche hermétiquement avec des pierres et des débris menus, de manière qu'elle forme un tout avec le remblai.

Dans les houillères de Seraing, les remblais demandent beaucoup de soins, ainsi qu'on pourra le voir plus loin par le détail du coût de la main-d'œuvre; mais il importe de remarquer que ces soins sont indispensables, car le courant d'air arrivant du bure d'extraction, ayant constamment une tendance à raccourcir son chemin pour sortir par le bure d'aérage, lorsque ce remblai n'est pas assez serré, il arrive qu'une partie du courant d'air passe à travers, et qu'alors, la taille n'étant plus suffisamment aérée, le gaz peut s'y accumuler et causer des explosions.

Le boisage de cette taille en gradins a beaucoup d'analogie avec celui de la taille verticale que nous avons décrite. Les tendrais *e*, emboîtés dans le toit et le mur de la couche, sont employés d'abord à soutenir la houille qui se trouve au-dessus de la tête de chaque ouvrier, et ensuite, lorsque la taille avance, ils servent comme seuil ou assise de chaque couple de béles *f*, que l'on place successivement les unes au-dessus des autres. Ces béles se trouvent maintenues deux à deux dans leur position, par trois bois de taille

ou *étançons g*, que l'on serre sur ces béles, et perpendiculairement à la couche. Dans ces tailles, comme dans les tailles verticales, lorsque le terrain manque de solidité, on place horizontalement, entre les béles et la roche, des pièces de *wâtes* et quelquefois de veloutes.

Ce boisage est ce que nous nommons un boisage complet, tel qu'on l'emploie généralement dans les couches où le toit et le mur présentent peu de solidité. Comme on le voit, il diffère peu de celui d'une taille verticale; seulement, dans celle-ci, les tendrais *i* se trouvent placés en dehors de chaque rangée de boisage, tandis que, dans les tailles en gradins, ils sont placés dans le même plan et servent de seuil à chaque couple de béles.

Cette disposition est commandée par la nature des éboulements auxquels chacune de ces tailles est exposée; ainsi, dans les tailles verticales, la poussée, soit du remblai, soit de la houille en *vif-thier*, ayant presque toujours lieu latéralement, les tendrais doivent être placés en dehors de la rangée de boisage, pour soutenir celle-ci contre l'une ou l'autre de ces poussées. Dans les tailles en gradins, cette poussée latérale n'ayant pas lieu, et ces tailles n'étant guère exposées qu'à des éboulements de houille venant de la partie supérieure de chaque gradin, les *tendrais* doivent être placés de manière, d'abord, à soutenir cette houille en vif-thier, et ensuite à servir d'assise à chaque couple de béles.

L'avancement de cette taille en gradins se fait ordinairement pendant le jour; on y place 9 ouvriers, dont un à chaque gradin, et deux au gradin inférieur: celui-ci ayant deux coupures exige plus de soins et de travail que les autres.

Pendant la nuit, on est ordinairement occupé des travaux à la pierre. On fait le bosseyement (enlèvement de la partie de la roche en contact avec la couche) ainsi que le boisage des galeries de roulage et d'aérage.

Les pierres provenant de ces travaux sont remblayées dans la taille, et, lorsqu'elles ne sont plus en quantité suffisante pour faire le remblai au complet, on s'en procure sur d'autres points des travaux, à des percements de verains, bacnures, etc.

Pour faire le bosseyement de la galerie de roulage, on se sert ordinairement de la poudre, tandis que celui de la galerie d'aérage doit toujours être fait au pic; d'abord, parce qu'il est moins considérable que celui de la voie de roulage, et ensuite parce qu'il y aurait du danger à faire sauter des mines sur ce point, où passent tous les gaz de la taille.

Suit le détail du coût d'un avancement de 1^{m}77 à cette taille:

Main-d'œuvre pour détacher la houille et boiser la taille:

9 ouvriers faisant 1^{m}77 d'avancement sur 18 mètres de hauteur, ce qui donne 31^{m2}86, à raison de 0 fr. 80 le mèt. carré.		25,48	
1 chef de taille, à 2 fr. 35		2,35	
		fr. 27,83	fr. 27,83

Main-d'œuvre pour le bosseyement, le remblai et le boisage des galeries :

1 chef de taille, à	fr. 2,35	2,35	
2 bosseyeurs et étançonneurs, à	2,50	5,00	
2 chargeurs et releveurs de pierres, à	1,70	3,40	
7 remblayeurs, à	1,55	10,85	
1 bourreur de remblai, à.	1,30	1,30	
		fr. 22,90	22,90
			fr. 50,73

Valeur des bois employés pendant le jour (1) :

21 béles de gradin, 8 perches en bois lanc, à fr. 0,50.		4,00	
42 bois de taille et tendrais, 6 perches, fr. 0,35		2,10	
11 fats de wâtes, à. . . . fr.	0,35	3,85	
24 fats de veloutes, à. . -	0,05	1,20	
	fr.	11,15	11,15

Valeur des bois employés pendant la nuit :

44 pieds de baliveaux (13m00) pour boisage de la galerie de roulage, fr. 0,12.		5,28	
32 pieds de baliveaux (9m44) pour boisage de la galerie d'aérage. . . .		3,84	
6 fats de wâtes, à . . . . fr.	0,35	2,10	
12 fats de veloutes, à . . .	0,05	0,60	
	fr.	11,82	11,82
		Total. fr.	73,70

La puissance de la couche étant de 0^m90, le cube de houille détachée par avancement journalier est de : $\text{I}^{m^2}86 \times 0^m90 = 28^{m^3}670$ de houille compacte ; si l'on ajoute cette quantité 30 pour °/₀ pour le foisonnement de la houille, le produit de chaque avancement de cette taille sera de 372 hectolitres de houille, qui auront coûté 73 fr. 70, c'est-à-dire 0 fr. 20 par hectolitre.

Si maintenant on examine les avantages de l'exploitation

(1) Les rangées de boisage devant être placées à 1^m18 de distance l'une de l'autre, il en résulte que, dans le travail régulier de l'exploitation, les ouvriers doivent placer un boisage un jour, et deux boisages le lendemain ; de sorte que dans ces calculs, qui n'ont rapport qu'à un avancement journalier, nous avons compté la quantité de bois nécessaire à une rangée et demie de boisage.

par tailles en gradins sur celle par tailles verticales, l'on trouve que, indépendamment du plus de sécurité pour les ouvriers, on a la faculté de pouvoir exploiter une plus grande quantité de charbon par avancement journalier, 372 hectolitres au lieu de 248.

Ainsi, dans une houillère où 6 tailles verticales étaient en exploitation, on a pu produire à peu près la même quantité, en ne tenant que quatre tailles en gradins en activité.

Pouvant ainsi diminuer le nombre de tailles sans diminuer l'extraction, il est résulté de ce nouveau mode d'exploitation une concentration de travaux qui a produit des économies: 1° sur l'entretien des galeries de roulage et des galeries d'aérage; 2° sur le matériel employé, qui a pu être moins considérable; 3° sur le chargement à la taille, ainsi que sur le traînage; 4° sur les frais de surveillance, d'éclairage, etc., puisqu'on n'y emploie pas un aussi grand nombre d'ouvriers pour exploiter une même quantité de houille.

D'un autre côté, on sait que, dans les mines à *grisou*, le courant d'air devant être divisé en autant de parties qu'il y a de tailles en exploitation, il y a d'autant plus de chances d'explosion, que le nombre de ces tailles est plus considérable; d'où il résulte que, dans le cas dont il s'agit, l'introduction des tailles en gradins aura concouru à diminuer les chances d'accidents.

On peut en dire autant de tout perfectionnement d'exploitation qui réduira le nombre des tailles sans diminuer l'extraction.

De nouveaux essais ont été faits en vue d'augmenter encore cet avancement journalier.

Au charbonnage des *Six-Boniers*, au lieu de 8 gradins dans une taille de 18m de hauteur, on en établit 10, ainsi qu'on peut le voir fig. 7 et 8. De cette manière, la hauteur des gradins, qui était de 2m25, fut réduite à 1m80.

Cette innovation qui, au premier abord, paraît simple et

de peu d'importance, eut néanmoins les plus heureux effets : l'avancement journalier qui, dans la taille à 8 gradins, n'était que 1^m77, fut poussé à 2^m36. Il est vrai qu'il devait être plus considérable, puisqu'on y employait 11 ouvriers au lieu de 9; mais cette circonstance ne fut pas la seule à produire ce résultat : la diminution de la hauteur des gradins y concourut aussi pour une bonne part, car il est à remarquer que la hauteur de 1^m80 est bien plus à la portée de l'ouvrier, que celle de 2^m25 que nous avons dans les tailles à 8 gradins. Dans celles-ci, lorsque l'ouvrier doit atteindre la partie supérieure de son gradin, il est obligé de se placer sur des bois, où il n'est pas toujours en position de produire la quantité de travail dont il est capable.

Une chose importante dans l'industrie, et à laquelle on ne s'attache pas assez, c'est de savoir mettre l'ouvrier à même de produire tout le travail dont il est susceptible, sans nuire à sa santé, sans l'exposer à des dangers. Ainsi, par exemple, on sait que tous les outils des ouvriers ont des dimensions qu'on ne peut changer sans occasionner une diminution de travail : la supériorité des résultats d'une taille à 10 gradins, sur ceux d'une taille à 8, prouve que, dans l'abatage de la houille, il se passe quelque chose d'analogue, et que là aussi il y a des dimensions dont on ne doit pas s'écarter.

Ainsi qu'on peut le voir à la seule inspection des fig. 7 et 8, l'abatage de la houille, son chargement dans les chariots d'extraction, le bosseyement, le boisage des galeries, ainsi que celui de la taille, le remblai, etc., sont absolument les mêmes que ceux de la taille à 8 gradins : il n'y a de différence qu'en ce que l'ouvrier coupeur, dans la taille à 10 gradins, faisant un avancement journalier de 2^m36, doit placer deux rangées de boisage le même jour, tandis que, dans la taille à 8 gradins, l'avancement journalier n'étant que de 1^m77, il ne peut placer qu'une rangée de boisage un jour, et deux rangées le lendemain.

Les avantages de cette innovation seront mieux appréciés

par la comparaison des résultats économiques. Nous donnons ici les détails du coût de cet avancement, tel qu'il est pratiqué au bure Ste-Barbe, dans la même couche *Grande-Veine.*

Voici le coût d'un avancement de 2m36 de la taille à 10 gradins, représentée fig. 7 et 8.

Main-d'œuvre pour détacher la houille et boiser la taille :

Onze ouvriers coupeurs, faisant un avancement de 2m36 sur 18m de hauteur, ce qui donne 42m²48, qu'ils entreprennent, à raison de 80 centimes par mètre carré.		33,98	
Un chef de taille.		2,35	
		36,33	fr. 36,33

Main-d'œuvre pour le bosseyement, le remblai et le boisage des galeries :

Un chef de taille.		2,35	
Deux bosseyeurs et étançonneurs, à	fr. 2,50.	5,00	
Deux chargeurs et releveurs de pierres, à.	1,70	3,40	
Neuf remblayeurs (1), à	1,40	12,60	
Un bourreur de remblai, à . .	1,30	1,30	
		24,65	24,65

Valeur des bois employés pendant le jour:

36 béles de gradins mesurant 10 perches, à	fr. 0,50	5,00	
54 bois de taille et tendrais, soit 7 1/2 perches, à	0,35	2,62	
14 fats de wâtes, à.	0,35	4,90	
30 fats de veloutes, à. . . .	0,05	1,50	
		14,02	14,02

(1) Par suite du moins de hauteur des gradins, on peut y placer des ouvriers remblayeurs, moins forts que dans la taille à huit gradins. »

des bois employés pendant la nuit :
ds de baliveaux(14m16)
boisage de la galerie

ge, à	fr. 0,12	5,76
ɘds de baliveaux pour ge de la galerie d'aé-	0,12	5,28
de wâtes, à.	0,35	2,10
s de veloutes, à. . . .	0,05	0.60
	fr. 13,74	13,74
	Total. . . fr.	88,74

issance de la couche étant de 0m90, le cube de la étachée par avancement journalier est de 42m²48 × 38m³232 de houille compacte. Ajoutant à cette quan- pour °/₀ pour le foisonnement de la houille, le de chaque avancement de cette taille sera de 497 es, qui auront coûté 88 fr. 74, ou 17 ⁸/₁₀ centimes olitre.

autre côté, le produit de l'avancement journalier ille à 10 gradins étant de 497 hectolitres, tandis i d'une taille à 8 gradins n'est que de 372 hectoli- 'ensuit que l'on peut produire plus de houille avec les à 10, qu'avec 4 tailles à 8 gradins, et qu'ainsi l'on u moyen de cette innovation, comme au moyen de la (l'introduction des tailles à gradins en remplace- s tailles verticales), une concentration de travaux ure de notables bénéfices.

introduction des tailles à 8 gradins en remplace- s tailles verticales, a été une innovation lente, diffi- nême onéreuse pour quelques exploitants, tandis que t il s'agit maintenant est des plus faciles; car l'ou- aurait travaillé à une taille à 8 gradins, pourrait, sans de difficultés, travailler à une taille à 10 gradins. oins on pourrait objecter que, si la couche de houille

était très-dure, il deviendrait impossible de faire un avancement journalier de 2^{m}36. A ceci nous répondrions, et l'expérience nous l'a suffisamment prouvé, que, pour toute couche qui n'est pas accompagnée de *havage*, lorsque l'on ne pourra pas faire un avancement journalier de 2^{m}36 dans une taille à 10 gradins, on ne pourra pas non plus en faire un de 1^{m}77 dans une taille à 8 gradins, ni même un de 1^{m}18 dans une taille verticale; d'où il résulte que le principe sur lequel reposent tous les avantages de l'exploitation par tailles de 18^{m} à 10 gradins, est d'une application générale, quelle que soit la dureté de la couche de houille.

Le havage est un lit de schiste bitumineux, ordinairement peu puissant; il se trouve assez généralement au mur de la couche, rarement au toit, et la divise parfois en deux parties. Il est presque toujours plus friable que la couche de houille, et comme il contient moins de parties combustibles, son aspect est d'un noir plus terne.

Pouvant être enlevé d'abord pour mettre la couche de houille à nu, il facilite singulièrement l'abatage de celle-ci et en modifie complétement l'exploitation. En effet, dans ce cas, il y a avantage à opérer sur des hauts gradins: non-seulement parce que l'ouvrier doit se servir, pour enlever ce havage, d'outils ayant une plus grande portée que ceux dont il se sert dans les couches sans havage, et que, pendant ce travail, il doit autant que possible se tenir en dehors de la chute des débris de ce havage tombant sur le remblai, mais encore parce que plus l'entaille résultant de l'enlèvement du havage est grande, plus la couche de houille, qui ne tient plus qu'à l'une des deux roches (toit ou mur), a de tendance à s'en détacher par son propre poids. On comprend d'après ceci que le havage concourt à augmenter dans une grande proportion, et l'avancement et la production de grosse houille, puisqu'on n'a pas besoin de faire l'entaille dans la houille même, comme cela doit avoir lieu dans les couches sans havage.

Nous avons démontré plus haut que, dans les couches sans

havage, il y avait avantage à réduire la hauteur des gradins à 1^m80; maintenant nous allons prouver que, lorsqu'une couche est accompagnée de havage, il y a avantage à augmenter la hauteur de ces gradins.

Pour cela, nous comparerons les résultats de deux tailles, établies l'une et l'autre dans le dressant de la couche *Dure-Veine*, au bure Ste.-Barbe.

Cette couche, dont la puissance est de 0^m75, est assez dure et sans fissures, ce qui en rend l'abatage difficile. Son mur présente assez de solidité pour qu'on puisse se dispenser de l'emploi des béles dans le boisage; enfin son toit est ébouleux et exige constamment un boisage complet, ainsi qu'on peut le voir fig. 9 et 10.

Assez généralement cette couche se trouve sans havage; mais, par une circonstance tout à fait exceptionnelle, elle se présente, sur une certaine étendue, avec un toit tellement friable qu'on a pu l'enlever comme une couche de havage ordinaire.

C'est dans cette partie de couche de houille qu'a été établie la taille à cinq gradins, représentée fig. 11 et 12. La couche de havage a une épaisseur de 0^m43, et, lorsqu'elle est enlevée, les deux roches (toit et mur) présentent assez de solidité pour que l'on puisse se dispenser de l'emploi des béles dans le boisage (voir fig. 12).

Les fig. 9 et 10 représentent une taille à 8 gradins, dans la même couche *Dure-Veine*, à un point où cette couche est dépourvue de havage. La marche des travaux y est absolument conforme à celle adoptée dans la taille à 8 gradins établie dans la couche *Grande-Veine*, et dont nous avons donné tous les détails.

Le prix de l'hectolitre de houille provenant d'un avancement journalier étant encore ici, comme précédemment, le seul moyen d'établir des comparaisons et de juger de l'efficacité du mode d'exploitation, nous allons donner les détails d'un avancement de l'une et de l'autre taille.

Coût d'un avancement journalier de 1^m77, dans la taille à 8 gradins représentée fig. 9 et 10, établie dans la couche *Dure-Veine*, au point où cette couche est sans havage.

Main-d'œuvre pour détacher la houille et boiser la taille :			
9 ouvriers coupeurs, faisant un avancement de 1^m77 sur 18^m de hauteur, donnant une surface de $31^{m^2}86$, à raison de 0 fr. 80 le mètre carré		25,48	
1 chef de taille		2,35	
		fr. 27,83	27,83
Main-d'œuvre pour le bosseyement, le boisage des galeries et le remblai :			
1 chef de taille		2,35	
2 bosseyeurs et étançonneurs, à	2,75	5,50	
2 chargeurs et releveurs de pierres, à	1,70	3,40	
7 remblayeurs, à.	1,55	10,85	
1 bourreur de remblai, à . .	1,30	1,30	
		23,40	23,40
Valeur des bois employés pendant le jour :			
10 ½ béles de gradins, en 4 perches, à 0 fr. 50.		2,00	
42 bois de taille et tendrais, en 6 perches, à 0 fr. 35		2,10	
9 fats de wâtes, à	0,35	3,15	
18 fats de veloutes, à	0,05	0,90	
		8,15	8,15
Valeur des bois employés pendant la nuit :			
44 pieds (12^m98) de baliveaux pour le boisage de la galerie de roulage, à fr.	0,12	5,28	
32 pieds (9^m44) de baliveaux pour le boisage de la galerie d'aérage, à	0,12	3,84	
4 fats de wâtes, à.	0,35	1,40	
10 fats de veloutes, à . . .	0,05	0,50	
		fr. 11,02	11,02
		Total fr.	70,40

La puissance de la couche étant de $0^{m}75$, le cube de la houille détachée par avancement journalier est de $31^{m2}86 \times 0^{m}75 = 23^{m3}895$ de houille compacte. Ajoutant à cette quantité 30 pour °/₀ pour le foisonnement de la houille, le produit de chaque avancement de cette taille sera 311 hectolitres, qui auront coûté la somme de 70 fr. 40, ou 22 $^{6}/_{10}$ centimes par hectolitre.

Dans la taille à cinq gradins, représentée fig. 11 et 12, où la même couche est accompagnée d'un faux toit qui a été enlevé comme havage, les travaux ont été conduits de la manière suivante :

Pendant la nuit, 5 ouvriers étaient occupés à enlever la couche de havage, pour mettre celle de houille à nu, d'un côté, sur un avancement de $1^{m}77$; on laissait tomber ce havage sur le remblai, et celui-ci était complété au moyen de pierres provenant du bosseyement des galeries de roulage; deux petits garçons étaient occupés au transport de ces pierres : comme dans les tailles précédentes, les ouvriers bosseyeurs étaient chargés en même temps de faire le boisage de ces deux galeries.

Pendant le jour, six ouvriers étaient occupés à l'exploitation de la houille et au boisage de la taille. Ils commençaient d'abord par abattre la portion de houille qui avait été mise à nu; et comme cette opération était assez facile, ils continuaient l'avancement dans la couche de houille, au delà de la partie havée, de manière à atteindre chaque jour une longueur totale de $2^{m}65$. La portion de havage qui restait attachée au toit de la couche, après cette opération, était abattue pendant la nuit par les ouvriers haveurs.

Suit le détail du coût d'un avancement journalier de $2^{m}65$ de cette taille à 5 gradins.

Main-d'œuvre pour détacher la houille et boiser la taille :

11 ouvriers coupeurs et haveurs, faisant un avancement de $2^{m}65$ sur 18 mètres de hauteur, soit $47^{m2}70$, à raison

de 0 fr. 75 le mètre.		35,77	
1 chef de taille, à 2,35.		2,35	
		38,12	38,12
Main-d'œuvre pour le bosseyement, le boisage des galeries et le remblai :			
1 chef de taille, à	2,35	2,35	
2 bosseyeurs et étançonn., à	2,75	5,50	
2 remblayeurs, à	1,20	2,40	
2 chargeurs et meneurs de pierres, à	1,50	3,00	
		13,25	13,25
Valeur des bois employés pendant le jour :			
30 bois de taille et tendrais (en 6 perches, à 0,35).		2,10	2,10
Valeur des bois employés pendant la nuit:			
48 pieds (14m16) de baliveaux pour le boisage de la galerie de roulage, à 0,12.		5,76	
44 pieds (12m98) de baliveaux pour le boisage de la galerie d'aérage, à 0,12.		5,28	
4 fats de wâtes, à	0,35	1,40	
10 fats de veloutes, à	0,05	0,50	
		12,94	12,94
		Total. fr.	66,41

La puissance de la couche étant de $0^{m}75$, le cube de la houille détachée par avancement journalier est de $47^{m^2}70 \times 0^{m}75 = 35^{m^3}77$ de houille compacte. Ajoutons à cette quantité 30 pour $^{0}/_{0}$ pour le foisonnement de la houille, le produit de chaque avancement de cette taille sera de 465 hectolitres, qui auront coûté la somme de 66 fr. 41, ou $14\,^{3}/_{10}$ centimes l'hectolitre.

En résumé, pour la taille à 8 gradins, nous trouvons le produit d'un avancement journalier de 311 hectolitres et le

prix de revient par hectolitre de 22 $^{6}/_{10}$ centimes; et pour celle de 5 gradins, nous avons un produit de 465 hectolitres, et un prix de revient de 14 $^{2}/_{10}$ centimes par hectolitre.

Cette comparaison suffit pour faire apprécier tous les avantages que donne, dans l'exploitation, une couche de havage adjacente à celle de houille : d'abord, en ce qu'elle permet de pousser l'avancement journalier à une longueur qu'on ne pourrait pas atteindre sans elle; ensuite, en ce qu'elle procure le moyen d'obtenir plus de grosse houille et un charbon gailleteux.

Ainsi que nous l'avons dit, cette circonstance n'étant qu'exceptionnelle dans la couche *Dure-Veine*, lorsque le toit de cette couche a repris plus de consistance et qu'il n'a plus été possible de l'enlever comme havage, on a été obligé de dresser une taille à 10 gradins, semblable à celle qui était établie dans la couche *Grande-Veine*, représentée fig. 7 et 8.

Voici le détail du coût d'un avancement journalier de 2^{m}36 pour cette taille de 10 gradins.

Main-d'œuvre pour détacher la houille et boiser la taille :

11 ouvriers coupeurs, faisant un avancement de 2^{m}36 sur 18^{m} de hauteur, ce qui donne 42^{m}48, à raison de 0 fr. 74 le mètre carré 31,43

1 chef de taille, à 2 fr. 35. 2,35

		33,78	33,78

Main-d'œuvre pour le bosseyement, le boisage des galeries et le remblai :

1 chef de taille	fr.	2,35	
2 bosseyeurs et étançonneurs, à	2,75	5,50	
2 chargeurs et releveurs de pierres, à	1,70	3,40	
9 remblayeurs, à	1,40	12,60	
1 bourreur de remblai, à . .	1,30	1,30	
		25,15	25,15

Valeur des bois employés pendant le jour :

18 béles de gradins en 5 ½ perches, à 0,fr.50	2,75	
54 bois de taille et tendrais, soit 7 perches, à 0,35.	2,35	
12 fats de wâtes, à 0,35	4,20	
24 fats de veloutes, à. 0,05	1,20	10,60
	fr. 10,60	

Valeur des bois employés pendant la nuit :

48 pieds (14ᵐ16) de baliveaux pour le boisage de la galerie de roulage, à 0 fr. 12.	5,75	
44 pieds (12ᵐ98) de baliveaux pour le boisage de la galerie d'aérage, à . 0,12	5,28	
4 fats de wâtes, à. 0,35	1,40	
10 fats de veloutes, à 0,05	0,50	
	fr. 12,94	12,94
	Total. fr.	82,47

La puissance de la couche étant de 0^m75, le cube de la houille détachée par avancement journalier de 2^m36 est de $42^{m^2}48 \times 0^m75 = 31^{m^3}86$ de houille compacte. Ajoutant à cette quantité 30 pour % pour le foisonnement de la houille, le produit de chaque avancement sera de 41 hectolitres, qui auront coûté la somme de 82 fr. 47, ou 19 $^9/_{10}$ centimes par hectolitre.

Cette comparaison achève, en quelque sorte, de prouver la supériorité des tailles à 10 gradins sur celles à 8, lorsqu'on n'a qu'une hauteur de 18ᵐ, et que la couche à exploiter est sans havage.

Dans tout ce qui précède, nous avons constamment pris 18ᵐ pour hauteur de taille, parce que cette hauteur était celle des tailles établies au bure Sᵗᵉ-Barbe, et que nous en avions tiré toutes les données de nos expériences ; mais il ne s'ensuit pas que 18ᵐ soit la hauteur indispensable d'une

taille : cette hauteur est ordinairement réglée sur celle qui existe, entre la tranchée de roulage et la tranchée d'aérage qui, comme on le sait, dépend toujours de circonstances locales qu'il est difficile de prévoir.

Ainsi nous croyons qu'une taille de 20 à 25^m de hauteur, dans une couche en dressant, serait préférable, pour l'exploitation, à une taille de 18^m; mais le point essentiel, dans une taille sans havage, c'est de ne donner que 1^{m}80 de hauteur à chaque gradin, quel que soit leur nombre.

Disons un mot, de l'exploitation des couches en plateur à Seraing.

Dans le prolongement des galeries en dressant, on rencontre presque toujours le retour de la couche en plateur, soit que cette plateur provienne du pied ou de la tête du dressant. Assez généralement ces plateurs ont une inclinaison d'environ 25°, et, lorsqu'on y arrive avec une taille en dressant de 18 mètres de hauteur, la galerie d'aérage se poursuivant horizontalement dans la plateur, la portion de veine comprise entre cette galerie et celle de roulage offre assez de développement pour y établir deux tailles.

Ces travaux d'exploitation devant toujours être portés de haut en bas, à cause du dégagement du gaz hydrogène carboné, on prend une taille à la fois, en commençant par la supérieure : la houille provenant de cette taille est descendue sur la galerie inférieure au moyen de plans-inclinés.

Les figures 13 et 14 représentent le plan et la projection verticale de l'une de ces tailles.

Ce mode d'exploitation par grandes tailles, dans les plateurs, a été introduit dans les mines de Seraing avant l'exploitation par gradins dans les dressants.

Anciennement, c'est-à-dire, avant 1823, ces tailles n'avaient guère que 10 à 12^m de front, et, ainsi que nous l'avons dit en commençant, on ne tirait pas du travail de la dilatation de la couche tout le parti qu'on en tire aujourd'hui. Cet avantage n'est pas le seul inhérent à ce mode d'exploi-

tation : deux, et même trois tailles anciennes, ayant été remplacées par une seule du nouveau système, on a pu supprimer une et même deux galeries de roulage, sans diminuer l'extraction. Dans cette innovation, comme lors de l'introduction des tailles en gradins, il y a encore eu une concentration de travaux qui a procuré des économies sur les différents points que nous avons déjà indiqués.

La pratique a suffisamment démontré que, dans ces tailles, comme dans les tailles en gradins, c'est encore le plus grand avancement journalier qui procure le plus de bénéfice à l'exploitant ; mais il est à remarquer que l'ouvrier s'oppose, autant que possible, à cette augmentation d'avancement. On en comprendra facilement la raison, si l'on considère que plus l'avancement journalier est considérable, moins l'ouvrier profite du travail de la dilatation de la couche ; car ce travail ne se manifeste que sur une partie de l'avancement, et ne s'opère que pendant l'intervalle de temps qui s'écoule entre deux postes d'ouvriers.

C'est pour cela qu'en général, lorsque l'on met l'exploitation d'une taille à l'entreprise, les ouvriers entrepreneurs cherchent, autant qu'ils le peuvent, à être en petit nombre, afin de n'avoir à augmenter leur tâche qu'en largeur, c'est-à-dire suivant le front de la taille.

Nous allons démontrer, par des exemples, que, dans les tailles en plateur, comme dans les tailles en dressant, il importe à l'exploitant d'employer un assez grand nombre d'ouvriers.

Supposons que nous ayons une taille de 24 mètres de front, exploitée à l'entreprise par six ouvriers faisant par jour un mètre d'avancement, à raison de 78 centimes le mètre, nous obtiendrons une surface de couche de 24 mètres carrés, qui auront coûté 18 fr. 72, et chaque ouvrier aura ainsi gagné 3 fr. 10 pour sa journée. Ces suppositions ont été confirmées par notre propre expérience.

Détail du coût d'un avancement journalier.

Main-d'œuvre pour détacher la houille :

6 ouvriers faisant 1^m d'avancement sur 24 mètres de front, soit 24^{m2}, à 0 fr. 78.	18,72	
1 chef de taille	2,35	
3 bouteurs, à 1 fr. 10	3,30	
	24,37	24,37

Main-d'œuvre pour le bosseyement, le boisage et le remblai :

1 chef de taille		2,35	
2 étançonneurs, à	2,50	5,00	
2 bosseyeurs, à,	2,50	5,00	
10 remblayeurs, à	1,40	14,00	
		fr. 26,35	26,35
Valeur des bois employés par avancement			14,57
		Total. fr.	65,29

La puissance de la couche étant de 0^m90, le cube de la houille provenant de cet avancement est de $24^{m2} \times 0^m90 = 21^{m3}60$ de houille compacte. Ajoutant à cette quantité 30 pour °/₀ pour le foisonnement de la houille, nous aurons $28^{m3}08$, soit 280 hectolitres, qui, pris au pied de la taille, auront coûté 65 fr. 29, ou 23 $^3/_{10}$ centimes par hectolitre.

Supposons maintenant que la même taille, de 24 mètres de front, soit exploitée à l'entreprise par 9 ouvriers faisant journellement 1^m50 d'avancement, à raison de 0 fr. 80 le mètre carré : la surface de couche enlevée sera de 36^{m2} et aura coûté 28 fr. 80. Chaque ouvrier aura gagné 3 fr. 20 pour sa journée.

Le cube de la houille enlevée par avancement sera de $36^{m2} \times 0^m90 = 32^{m3}40$.

Cet avancement aura donc produit $10^{m3}80$ de houille compacte de plus que le premier.

Ajoutant 30 pour °/₀ pour le foisonnement de la houille, on obtient $14^{m3}04$, soit 140 hectolitres.

Le remblai étant constamment avancé à 1m50 du front de la taille, il résulte de l'expérience que le boisage de l'avancement de 1m50 ne coûte pas plus que celui de l'avancement de 1 mètre.

Si donc nous examinons les frais résultant de cette augmentation de 50 centimètres d'avancement, nous aurons :

1° La différence des deux sommes ci-dessus 28 fr. 80 et 18 fr. 72	10,08
2° Une augmentation de 25 centimes sur la journée de chacun des deux chargeurs à la taille	0,50
3° Une augmentation de 25 centimes sur la journée de chacun des deux bosseyeurs.	0,50
Total fr.	11,08

D'où il résulte que les 140 hectolitres produits par cette augmentation d'avancement, n'auront coûté que 11 fr.08 pris au pied de la taille, c'est-à-dire 8 centimes par hectol.

Ces résultats, fondés sur l'expérience, prouvent que, dans les plateurs, comme dans les dressants, il est toujours avantageux de chercher à augmenter l'avancement journalier d'une taille. Mais, dans l'exploitation des plateurs, il n'est pas toujours possible de profiter de ces avantages. En effet, le poids que supporte le boisage de la couche devient parfois si considérable, lorsque le terrain manque de solidité, qu'il y aurait danger pour la vie des travailleurs à mettre à découvert une trop grande surface de couche, alors même qu'un boisage plus fort serait établi.

Liége, le 24 juillet 1845.

CONSTRUCTIONS MARITIMES.

ANALYSE

DU MÉMOIRE DE M. DUPUY DE LÔME, SOUS-INGÉNIEUR DE LA MARINE FRANÇAISE, SUR LA CONSTRUCTION DES BATIMENTS EN FER;

PAR M. GUIETTE,

INGÉNIEUR DU GÉNIE MARITIME.

Depuis un demi-siècle, l'architecture navale a fait d'immenses progrès; maintenant plus que jamais les études et les travaux d'un grand nombre d'hommes de talent ont pour but l'amélioration des différents modes de construction des navires à voile et à vapeur : le fer, récemment employé dans ces constructions, leur a ouvert un vaste champ de recherches.

Depuis environ quarante ans que les premiers essais de ce genre ont été tentés, peu d'ouvrages avaient été écrits sur ce sujet; l'on s'étonnait à juste titre de ce manque de documents précis : peut-être attendait-on qu'une plus longue expérience vînt appuyer de faits irrécusables les heureux effets de l'emploi de ce métal. L'ouvrage que M. Dupuy de Lôme a publié en 1844, a comblé cette lacune; il donne une idée claire et précise des meilleurs procédés employés en Angleterre, c'est-à-dire des meilleurs procédés connus, car l'Angleterre doit être placée au premier rang pour ce genre de constructions.

M. Dupuy de Lôme, ainsi qu'il le dit dans son introduction, divise son mémoire en deux parties : la première présente les considérations générales qui ont déterminé l'emploi des bâtiments en fer et fournit les moyens d'en apprécier les avantages et les inconvénients. Ils y sont comparés aux

navires en bois sous le point de vue de la solidité, de la légèreté, des qualités à la mer et pour le combat, du plus ou moins de facilité et de fréquence des réparations, de la durée ou du prix de revient.

La seconde partie réunit tous les renseignements nécessaires à leur exécution matérielle : elle contient l'analyse de chacun de leurs détails, en mentionnant les différences qui se remarquent dans le mode d'assemblage et l'échantillon des matériaux, chez quelques constructeurs jouissant d'une réputation méritée : elle appuie les règles de beaucoup d'exemples pris sur des bâtiments sortis des principaux chantiers de Liverpool, Bristol et Glascow. Le travail de la mise en place des pièces y est expliqué.

Il termine en indiquant l'outillage dont un chantier destiné à ce genre de constructions a besoin d'être muni, et quelle doit être la proportion du personnel des différentes professions. Enfin un atlas, sur une grande échelle, représente tout ce qui est décrit dans le texte.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

sec; il fut expédié de là pour le Havre et remonta la Seine jusqu'à Paris. Ce n'est qu'à cette époque que M. Cavé, mécanicien à Paris, commença à construire des bateaux en fer sur la Seine.

A partir de 1824, cette espèce de bâtiments se multiplia considérablement. Il se passa pourtant encore quatorze ans avant que les navires en fer, dont les avantages n'étaient plus contestés pour les rivières, fussent appelés à parcourir les mers. On commença par en faire naviguer sur les côtes; peu à peu, l'expérience fit comprendre la possibilité de construire de ces navires qui pussent résister aux efforts de la lame et à l'action de l'eau salée.

En 1838, le *Iron Side*, jaugeant 200 tonneaux, fut construit à Liverpool, par MM. Jackson, Gardon et compagnie, et le premier il fit un voyage dans le nord et trois traversées des plus heureuses de Liverpool en Amérique.

En 1840, deux bâtiments de guerre tout armés, le *Phlégéton*, de 90 chevaux, et la *Némésis*, de 120 chevaux, sont partis pour les Indes Orientales. Ces deux steamers ont joué un rôle des plus actifs dans la guerre que les Anglais viennent de faire sur les côtes de la Chine, et ils n'ont nécessité aucune réparation pendant la durée des opérations, résultat que n'ont point atteint les steamers en bois attachés à la même escadre.

Depuis cette époque, les craintes et les préjugés qui s'étaient élevés contre les bâtiments en fer disparurent complétement en Angleterre, et ce métal fut employé avec le plus grand succès, aussi bien pour les navires à voiles que pour ceux à vapeur.

Le *Great Britain*, steamer en fer de 1280 chevaux de force, à hélice, dont les proportions gigantesques eussent été impossibles à réaliser par une construction en bois, vient encore de mettre récemment à l'évidence, par les beaux résultats de ses épreuves, les avantages et les ressources immenses du fer pour les constructions navales.

DE LA CONNEXION DES PARTIES DES BATIMENTS EN FER.

Pour mieux faire ressortir les avantages des bâtiments en fer, sous le rapport de la liaison de leurs parties, l'auteur du mémoire compare le bordé et les membres de ces bâtiments à ceux des navires en bois.

Le bordé en tôle, composé de pièces rivées, sur tout leur contour, les unes avec les autres, fixées de la même manière avec la quille, l'étrave et l'étambot, forme de toute la paroi extérieure du navire une seule pièce métallique, qui ne cesse pas d'être parfaitement liée, quand même on l'imaginerait indépendante de toute membrure intérieure.

Le bordé en bois, au contraire, composé de pièces impropres à se relier entre elles, excepté dans les petites constructions à clins, ne forme un tout solidaire qu'en vertu des liaisons des bordages avec la membrure et avec le vaigrage intérieur; de là un grand avantage du bordé en tôle pour résister à l'arc ou au contre-arc, puisque les parties supérieures et inférieures travaillent toutes ensemble par traction et compression longitudinales, tandis que, dans un bordé en bois, chaque bordage, depuis la quille jusqu'au plat-bord, fatigue séparément par flexion, et qu'il n'y a que les chevilles et les gournables qui puissent s'opposer à ces efforts.

Cette plus grande résistance à la flexion que présente un bordé en tôle, évite donc l'emploi des vaigres obliques et des bandes en fer diagonales, que l'on était forcé d'introduire dans les bâtiments en bois, et principalement dans les navires à vapeur, pour s'opposer à l'arc ou au contre-arc. Dans les navires en fer, un bordé d'épaisseur convenable, peut même dispenser du vaigrage, là où l'on n'a pas à craindre le contact du métal pour l'arrimage.

Quant aux membrures, comme elles sont moins destinées à relier les bordages entre eux qu'à opposer une résistance aux chocs et pressions extérieures, à créer pour les machines des points d'attache supérieurs sensiblement invariables,

et à distribuer à l'intérieur sur la surface des tôles les poids des ponts et du chargement de la cale, on conçoit que, dans un bâtiment en fer, le poids des membres doit former une fraction bien moindre du poids total de la coque que dans un bâtiment en bois, où les couples de levée, outre toutes les conditions énumérées plus haut, doivent encore et principalement fournir une tenue convenable aux chevilles, clous et gournables, qui retiennent les bordages seulement juxtaposés.

Sous le rapport de l'exécution du travail, les membrures en fer présentent encore un grand avantage, car la seule limite à la longueur des pièces est celle qui rendrait leur poids peu maniable; d'ailleurs, des cornières croisées sur une faible longueur, ou placées bout à bout avec une courte pièce sur le joint, peuvent s'écarver de manière à former un membre simple qui soit continu d'un plat-bord à l'autre; ce membre n'éprouvera d'autre diminution de force que celle due aux trous des rivets, diminution que l'on peut atténuer autant que l'on voudra, pourvu que l'on ait la précaution de les percer toujours près de la fibre qui restera invariable de longueur pendant le phénomène de la flexion. Or, pour obtenir la même continuité dans un couple en bois, on est obligé d'avoir recours au couple double, qui, considéré à part, n'a réellement pour section résistante que la moitié de la section totale.

Les mêmes avantages représentent pour l'exécution de tous les écarts de quille, carlingue, bauquière, etc., qui, par le croisement d'une petite fraction de la longueur totale des pièces ou par la superposition d'un morceau sur le joint, peuvent toutes être regardées comme continues d'un bout à l'autre du navire.

Sous le rapport de la continuité, l'avantage de l'emploi du fer pour les barrots paraît moins évident, *a priori*, puisque, la plupart du temps, on peut se procurer les pièces d'un seul morceau de bois; mais, ainsi que M. Dupuy de Lôme

le fait voir plus loin, leur liaison avec la muraille est plus parfaite que celle des barrots en bois, etc.; en outre, la forme donnée à la section transversale d'un barrot en fer, offre, à poids égal, une plus grande résistance à la flexion qu'un barrot en bois.

Pour les épontilles, l'emploi du fer serait une erreur, car ce métal, bien qu'il résiste énergiquement à la traction dans le sens de sa longueur, n'offre que peu de résistance à la flexion par la superposition d'un poids, et ne serait par conséquent qu'un faible obstacle au rapprochement des ponts.

Une liaison très-efficace que l'on peut se procurer par l'emploi du fer, consiste à établir des cloisons transversales et longitudinales, pleines ou en forme d'arcades : ces cloisons opposent une immense résistance à l'écartement des membres, et, par suite, à la flexion des barrots. Convenablement établies à l'emplacement des machines, elles permettent de fixer les bâtis contre les parties hautes du navire, sans craindre que, par les plus grosses mers, il y ait perturbation dans la position relative de ces points fixes. Les bâtis pourront donc être plus légers que ceux des machines des navires en bois, où la liaison avec la coque n'est opérée que par la base.

La facilité que le fer présente à se travailler sous toute espèce de formes, souvent difficiles à trouver dans les pièces de bois, milite encore en faveur de l'emploi de ce métal.

A l'appui des considérations précédentes, M. Dupuy de Lôme cite l'exemple du *Nun*, bateau à vapeur de 65 chevaux, construit à Liverpool, par M. Laird. Il s'échoua dans la rivière de Mersey, et, à marée basse, il fut appuyé par l'arrière sur une jetée en pierres, et par le brion sur un fond dur de pierrailles. Ce bâtiment, de 32 mètres de longueur, ayant au milieu une machine pesant 65 tonneaux, resta ainsi pendant près de dix heures, avec 25 mètres d'intervalle entre ses points d'appui, sans que l'on pût apercevoir la moindre cour-

bure à la quille. Un navire en bois, placé dans la même position, eût certainement été brisé par le milieu.

En résumé, si, au lieu de bois, on emploie du fer, dont il est plus facile de relier les parties et dont la résistance directe des fibres est supérieure à celle du bois, dans un rapport plus grand que sa pesanteur spécifique, comparée à celle de l'ensemble du bois, du fer et du cuivre, qui composent la coque des bâtiments en bois, on peut conclure de ce qui précède qu'on pourra obtenir, à poids égal, des liaisons plus parfaites et une résistance plus grande, ou, à force égale de liaisons, un moindre poids de coque, et qu'enfin on aura la faculté de dépasser, si l'on veut, les dimensions de navire qui étaient regardées comme la limite que l'on pût atteindre par une construction en bois.

DES POIDS DE COQUE.

D'après les données fournies par un grand nombre de bâtiments construits en Angleterre, le rapport du poids de coque au déplacement total en charge, varie de 0,20 à 0,46 pour les bâtiments de mer. Il est évident que ce rapport dépend entièrement de la destination du navire, du mode de construction et des échantillons de fer employés, et enfin du prix offert par l'acquéreur.

Quelques constructeurs recherchant avant tout la légèreté, ont réduit au strict nécessaire le nombre des liaisons et les échantillons des matériaux; d'autres, au contraire, ont cherché d'abord la solidité et la sécurité et n'ont mis la vitesse qu'en seconde ligne; dans le plus grand nombre d'exemples enfin, on rencontre des coques d'un poids inférieur à ceux des navires en bois, mais dont la légèreté n'a pas été poussée à la limite : ainsi un bâtiment de 220 chevaux en chantier, à l'atelier de M. Wingate, à Glascow, donne pour rapport du poids de coque au déplacement total en charge, 0,269.

La *Princesse royale*, de 390 chevaux, de MM. Tod et Mac-Gregor, à Glascow, donne 0,295.

Les façons de ce bâtiment sont excessivement fines, et par suite, le déplacement lui-même est une faible portion du parallèlepipède circonscrit.

Le *Fire King*, de 220 chevaux, donne 0,40.

Le *Iron Sides*, bâtiment à voiles de 260 tonneaux, de MM. Jackson, Gardon et compagnie, de Liverpool, donne 0,24.

La *Guadeloupe*, steamer de guerre en fer, de 180 chevaux, de M. Laird, donne 0,467.

Il n'y a pas lieu de citer la légèreté de cette coque, mais M. Laird avait pour but de faire un bâtiment d'une solidité extrême.

Le *Great Britain*, steamer en fer de 1280 chevaux, construit par la compagnie du Great Western, à Bristol, donne 0,256.

L'*Avon* et le *Severn*, bâtiments en bois, de 450 chevaux, construits par M. Patterson, donnent 0,38.

En comparant 0,256 à 0,38, et en admettant la réussite du *Great Britain* sous le rapport de la solidité, ce que ses épreuves font espérer, on voit quelle économie l'on peut réaliser en poids de coque par l'emploi du fer; toutefois, d'après l'opinion des constructeurs anglais, la limite de 0,20 du déplacement total ne pourrait être dépassée sans témérité.

DE LA SÉCURITÉ QUE PRÉSENTENT LES BATIMENTS EN FER.

Ce qui a été dit précédemment relativement à la connexion des parties des bâtiments en fer, met à l'évidence leur supériorité sur les navires en bois, quant à la sécurité qu'ils présentent à la mer.

La facilité que l'on a d'établir des cloisons transversales, qui forment de la capacité intérieure de la coque plusieurs compartiments entièrement indépendants les uns des autres, vient encore ajouter à cette sécurité. Ces cloisons augmentent, en effet, la liaison, et peuvent ensuite être établies de

manière que, l'un des compartiments se remplissant d'eau par suite d'un accident quelconque, le bâtiment puisse continuer de flotter et de naviguer.

Deux de ces cloisons sont principalement d'un grand secours dans le cas d'un échouage : ce sont celles que l'on établit à peu de distance de l'étrave et de l'étambot. Du reste, pour ne pas s'en rapporter exclusivement à la théorie, M. Dupuy de Lôme cite plusieurs cas d'échouage de bâtiments en fer qui présentent des circonstances réellement étonnantes.

L'accident le plus remarquable est celui survenu au *Vulcain*, bâtiment à voiles en fer, dont le capitaine rend compte en ces termes :

« Au moment où nous allions sonder, nous donnâmes » avec une vitesse de 5 nœuds sur un banc de roches, recouvert seulement de trois pieds d'eau, tandis que le *Vulcain* tirait $6 \frac{1}{2}$ pieds ; mais, grâce à la houle et au vent » arrière, il se fraya passage par-dessus les roches, sans » recevoir d'avaries sensibles, ni faire de l'eau ; mon opinion » est qu'un bâtiment en bois se serait fortement endommagé, » et probablement aurait sombré. »

Le *Vulcain* entra au bassin de carénage. Les tôles étaient dentelées dans la partie avant, à l'endroit où avait porté le premier coup, et des marques moindres existaient le long de la carène, causées par le passage sur les rescifs ; aucune tôle n'était déchirée, aucun rivet arraché ; quelques-uns seulement, tenant un des membres, avaient la tête enlevée à l'intérieur ; ces rivets ont été vite changés et le tout mis en parfait état.

Parmi les garanties de sécurité que présentent les bâtiments en fer, il faut citer également la facilité qu'ils donnent aux marins de se rendre maîtres du feu, s'il venait à se déclarer dans une portion du navire ; non-seulement les flancs incombustibles ne serviraient pas à propager l'incendie à l'intérieur, mais les cloisons seules l'arrêteraient longtemps dans l'espace compris entre deux d'entre elles : il suffirait

d'arroser les objets combustibles placés le plus près de l'autre côté, et, pendant ce temps, on parviendrait sans doute, soit à étouffer le feu, en fermant les panneaux de la division où il aurait éclaté, soit à l'éteindre avec de l'eau.

DE L'ENTRETIEN ET DE LA DURÉE DES BATIMENTS EN FER.

C'est un résultat bien heureux et presque inattendu, dit M. Dupuy de Lôme, que la lenteur avec laquelle les tôles de la carène des bâtiments en fer se corrodent au contact de l'eau salée, et cela, sans que la tôle ait besoin d'aucun des préparatifs dont la recherche mérite néanmoins d'occuper l'attention, puisque leur découverte ajouterait encore aux avantages des bâtiments en fer.

Pour ne parler que de ce qui existe maintenant en Angleterre, voici tous les préparatifs qu'emploient contre l'oxidation, les constructeurs les plus soigneux de ce pays.

Dès le montage de la quille, de l'étrave, de l'étambot et des membrures, toutes ces pièces reçoivent une bonne couche de peinture au minium; on travaille alors au bordé, opération qui amène l'enlèvement successif des membres, pour y percer des trous de rivets; puis on établit les barrots, etc.

Quand la construction du navire se mène d'une manière continue, on l'achève sans nouvelle application de peinture, si ce n'est sous les pièces de bois où l'on met aussi le plus généralement du feutre gras. Une fois le bâtiment fini, on gratte et on brosse avec soin toutes les parties en fer, en dedans et en dehors, et on y passe une couche d'huile mêlée de thérébentine, puis on met une couche de couleur au minium. Un peu avant le lancement, on met une seconde couche sur la carène.

Les œuvres mortes se peignent ensuite comme on veut, avec des couleurs à l'huile ordinaires.

Quelques constructeurs ont goudronné les carènes; mais

on préfère laisser la couleur au minium, qu'il convient de renouveler une fois par an, s'il est possible.

Il est maintenant prouvé que, sans que l'on prenne aucun soin de la carène, la corrosion des tôles est fort lente et nullement comparable à celle qu'éprouvent des chevilles de fer placées dans du bois. L'expérience a démontré qu'il faut éviter de marier le fer avec le bois de chêne ou tout autre, et principalement au contact de l'eau de mer.

On ne cite aucun exemple où il soit arrivé que l'oxidation des tôles se fasse par place et d'une manière irrégulière; elle se répand, au contraire, uniformément sur toute la surface. Les têtes de rivets fraisées à l'extérieur conservent toujours une force proportionnelle à l'épaisseur de la tôle, et on peut à toute époque s'assurer de l'état du bordé entier, en perçant quelques trous à différents endroits, après avoir échoué le bâtiment.

Dans les navires en bois, au contraire, quand la pourriture commence à se déclarer, comme elle existe principalement au cœur des pièces et que l'une d'elles peut en paraître exempte, tandis que la voisine est complétement détruite, il en résulte que la visite de ces bâtiments et l'évaluation exacte de ce qui leur reste encore de bonnes liaisons sont fort difficiles. L'indice le plus certain de leur état probable est la durée de leur existence, et l'on sait que lorsqu'elle approche de 12 à 14 ans, pour les meilleures constructions, il faut songer à leur faire subir un grand radoub, sinon une condamnation, et cela même en supposant, pendant ces quatorze années, plusieurs radoubs secondaires.

Dans les bâtiments en fer, la corrosion des barrots, de la membrure et des tôles à l'intérieur, est toujours très-peu de chose, et peut être rendue véritablement nulle avec un peu de soin et de couleur : l'usure se produira donc seulement à la surface extérieure des tôles du bordé. Depuis qu'il existe de ces bâtiments, on n'en cite pas encore qui aient exigé le changement d'aucune pièce du bordé pour cause de

diminution par la rouille. Du reste, si l'on admet, ce qui est rationnel, qu'on doive condamner un bordé quand il aura perdu une fraction constante de son épaisseur, telle qu'un quart ou un tiers, on peut dire que la durée des bâtiments en fer croîtra dans le rapport direct des racines cubiques des trois dimensions principales, puisque la corrosion des tôles à la surface est la même, quelle que soit leur épaisseur, tandis que ces épaisseurs varient sensiblement comme les racines cubiques du produit des trois dimensions. Les navires en bois n'ont rien de cet avantage, les membres d'un vaisseau, ainsi que les bordages, se pourrissant aussi vite que ceux d'un brick.

Les tôles autour des machines ne paraissent pas plus sujettes à se rouiller que le reste du bâtiment; mais il faut évidemment se garder de relier les tuyaux de cuivre directement sur la tôle. On s'est bien trouvé de saisir l'extrémité de ces tuyaux par une colerette en fonte de fer, qui se fixe avec des boulons, aussi en fer, sur une autre rondelle de fonte, appliquée sur la tôle autour du trou. Une bonne couche de mastic de minium dans le joint n'est pas non plus à négliger.

Il conviendrait aussi, tant pour prévenir l'oxidation des tôles environnantes, que pour empêcher les pertes de chaleur, de recouvrir le haut et les côtés des chaudières d'une matière non conductrice. On emploie maintenant beaucoup en Angleterre, pour cet usage, un feutre sec, très-épais (environ 2 centimètres), qu'on fabrique spécialement à cet effet, et qu'on maintient contre les chaudières avec de la vieille toile à voile, ou mieux encore avec un boisage. Le feutre imprégné de goudron est dangereux, comme étant facile à s'enflammer.

Quant à la facilité des réparations en pays étrangers, elle sera assurée du moment où l'emploi des bâtiments en fer sera répandu; car, dans chacune des stations, on trouvera les matières premières et les ouvriers nécessaires à ces répara-

tions. Il n'y aura généralement besoin d'avoir à bord que de quoi parer aux cas d'urgence et réparer les petits dommages. Les bâtiments à vapeur ont déjà nécessairement des ouvriers en fer, une forge, des tôles et les outils nécessaires. Les bâtiments à voiles en fer qui partiraient pour un long cours, n'auraient qu'à se munir d'un ou de deux ouvriers en métaux et des matières et outils indispensables.

DE LA CAPACITÉ INTÉRIEURE ET DE L'AGRÉMENT DU SÉJOUR A BORD.

Les dimensions des varangues, membrures, barrots, etc., en fer, moindres que celles des mêmes pièces en bois, assurent encore un grand avantage aux navires en fer, puisque leur capacité intérieure, comparée à celle des bâtiments en bois de mêmes dimensions, sera plus considérable.

Cet avantage est d'autant plus sensible que le bâtiment est plus petit et de formes plus fines, l'épaisseur de la muraille étant alors une fraction plus considérable de la largeur totale d'un bord à l'autre : M. Dupuy de Lôme donne le rapport de 121 à 100, pour celui de la capacité d'un bateau à vapeur en fer de 220 chevaux, de 54 mètres de long, 9m20 de large et 5m80 de creux, comparée à celle d'un navire en bois construit sur le même plan.

Cette plus grande capacité augmente la facilité de l'arrimage des objets d'armement ou de cargaison; elle contribue beaucoup à l'agrément du séjour à bord, en rendant les emménagements plus spacieux, la cale moins encombrée et plus facile à aérer.

Les bâtiments en fer sont, en outre, par la nature même de leurs parois, beaucoup plus faciles à tenir propres et à préserver des exhalaisons fétides de la cale, provenant de l'eau qui séjourne et se corrompt entre les mailles des bâtiments en bois : on y est beaucoup plus exempt de toute sorte de vermine. Dans les pays chauds, l'air y est sans cesse rafraîchi

par l'eau de mer, à travers les parois conductrices de la muraille, et toutes ces causes réunies ne peuvent manquer d'exercer leur influence favorable sur la santé des marins.

DE L'EFFET DES BOULETS.

L'effet des boulets sur les murailles des bâtiments en fer était une des principales causes que l'on opposait à leur emploi comme machine de guerre; mais on est forcé maintenant de reconnaître que, sous ce point de vue, ils ont encore l'avantage sur les bâtiments en bois. En effet, des boulets qui atteindront le navire, les uns viendront frapper les œuvres mortes, les autres les environs de la flottaison, et il est évident que l'on n'aura à craindre que ceux qui arriveront à peu près normalement à la carène, puisque les autres glisseront sur la surface raide et polie des tôles, et la déprimeront seulement d'une manière plus ou moins sensible.

Si l'on considère d'abord les boulets qui viennent frapper normalement les œuvres mortes, il est incontestable que, quelle que soit l'épaisseur du bordé, on pourra toujours le voir exposé à une artillerie assez puissante pour qu'il soit impossible d'en amortir les coups : il serait donc inutile de donner à ce bordé plus d'épaisseur que celle nécessaire à la solidité du navire considéré comme corps naviguant ; il vaudrait mieux, au contraire, de calculer cette épaisseur de telle manière, qu'un boulet venant frapper entre deux membrures déchirât la tôle plutôt que d'emporter le fer d'angle. Mais si, d'un autre côté, on compare le résultat d'un boulet dans les œuvres mortes d'un navire en bois à celui d'un boulet venant frapper les mêmes parties d'un navire en fer, on verra ressortir l'avantage de ce dernier : les hommes mis hors de combat ne sont pas seulement ceux que les boulets viennent atteindre, les quatre cinquièmes ne sont blessés que par des éclats de bois, de sorte que si, au lieu de cette

uraille en bois, nous avons une paroi en fer et en tôle, un ulet, en traversant ces tôles, ne trouvera rien à arracher i puisse lui servir en quelque sorte à se multiplier, et il ne essera que les hommes qui se trouveront dans sa trastoire.

Quant aux boulets qui viendront frapper la carène à la flotison, leurs effets seront beaucoup plus terribles : les voies eau seront bien plus dangereuses que celles que fait un ulet dans un épais bordage en bois, qui se referme prese complétement après son passage.

En Angleterre, on a parlé assez sérieusement d'un procédé stiné à parer à l'effet des boulets à la flottaison des bâtients en fer : il consiste dans un petit appareil ayant de nalogie, par sa forme et ses dimensions, avec un parasol dinaire. Il est fait en toile cirée, avec les côtes placées -dessus du tissu au lieu d'être en dessous. Cet appareil seit passé, de l'intérieur du bâtiment, par le trou qu'aurait it un boulet dans le revêtement; puis, étant développé en hors, on le rapprocherait de la surface du navire, en rant à soi le manche, qu'on amarrerait à l'intérieur : la preson de l'eau elle-même faisant appliquer la toile sur la tôle, voie d'eau serait étanchée d'une manière suffisante pour l'on pût attendre le moment plus opportun d'une réparaon complète.

Ce procédé ne serait, en tous cas, applicable qu'aux pars de la muraille facilement accessibles. Pour les bâtients à vapeur ayant des soutes à charbons latérales, il est guère possible de ménager des cursives.

M. Dupuy de Lôme propose un moyen qui remplit beauup mieux le but. Qu'on place, dit-il, à l'intérieur, dans ntervalle des membres en fer, des bouts de bordage veraux, juxtaposés, appliqués sur la tôle avec du feutre as et régnant environ à un mètre en dessous et cinquante ntimètres au-dessus de la flottaison; qu'on recouvre ce asif par de la tôle à l'intérieur, et qu'on relie le tout par

des boulons fraisés sur la tôle extérieure et écroués en dedans. Si on reçoit à la flottaison des boulets assez puissants pour traverser les deux tôles et le massif en bois intermédiaire, ce massif laissera évidemment passer moins d'eau, en pareil cas, qu'une muraille en bois ordinaire, et cette voie d'eau pourra presque toujours être facilement étanchée de l'intérieur. Un bâtiment ainsi fortifié, à la flottaison, divisé, en outre, en compartiments indépendants par les cloisons en tôle, dont il ne faut pas oublier l'importance, ne sera-t-il pas autrement difficile à couler bas que la plus solide de nos constructions actuelles ?

Il ne faut pas perdre de vue non plus qu'en admettant, ce qui du reste aura lieu par la suite, que les ports soient aussi bien munis de tout ce qui est nécessaire aux constructions en fer, qu'ils le sont aujourd'hui pour les constructions en bois, il y aura une grande économie de temps et d'argent pour réparer les avaries d'un bâtiment en fer rentrant au port après un combat acharné.

On manque maintenant de faits d'expérience pour établir une comparaison numérique du temps et de l'argent employés à la réparation de deux bâtiments en fer ou en bois, après un combat ; mais, à en juger par les cas d'échouage et d'abordage qui se sont présentés, l'économie de temps et d'argent est considérable pour les bâtiments en fer.

DU COMPAS DE ROUTE.

Les bâtiments en fer, sous l'influence de l'action magnétique de la terre, deviennent eux-mêmes des aimants variables, ayant leur pôle nord tantôt vers l'étrave, tantôt vers l'étambot, suivant la position du navire par rapport au méridien magnétique ; souvent aussi ils agissent comme aimants permanents, dont la ligne des pôles occuperait une position oblique par rapport au plan diamétral. Cette aimantation parmanente paraît généralement se produire par l'ac-

tion de la mise en place des rivets et du mattage des tôles. De toutes ces influences combinées, il résulte des variations dans le compas, qui peuvent varier de 0° à 50° de chaque côté du méridien magnétique. Ces variations ont déjà entraîné la perte de plusieurs navires anglais. Il était donc de la plus haute importance de parvenir à compenser les compas de route à bord des navires en fer. Le procédé compensateur de Barlow remédiait déjà au mal en partie. Cette question a été reprise ensuite par sir George Biddelairy, astronome royal à Greenwich ; de la théorie et des expériences nombreuses de ce savant, résulte la règle pratique suivante qu'on ne pourrait trop minutieusement observer.

INSTRUCTIONS POUR CORRIGER LES COMPAS, A BORD DES BATIMENTS EN FER.

« 1° On recommande de ne rien entreprendre pour la correction des compas, avant la construction des habitacles ou de leurs autres supports; toutefois il ne faut pas fixer ceux-ci : on ne doit non plus rien faire avant qu'on se soit procuré les compas qui doivent servir pour le navire ; car ce n'est qu'alors qu'on pourra, en général, déterminer la véritable hauteur du compas au-dessus du pont, ou sa véritable distance au pont ou au plafond de la cabine, élément dont la connaissance exacte est d'une grande importance dans les opérations nécessaires pour la correction.

« 2° Les compas peuvent être placés en un endroit quelconque du pont ou des cabines, et à la hauteur que le capitaine juge convenable; mais il faut bien se mettre dans l'esprit que la correction ne s'applique qu'à ces positions, et qu'une fois que l'opération est terminée, il n'est plus permis de faire subir à la position des compas la plus légère altération.

« 3° Si les compas du navire sont très-sensibles, les habitacles, etc., peuvent être fixés, et la correction peut se faire avec les compas en place : on évitera ainsi de la peine.

Mais, en général, il sera mieux que l'opérateur se munisse de compas d'une extrême sensibilité, afin d'en employer un dans la position du compas de chaque navire.

« 4° L'opérateur doit aussi être pourvu d'un compas de relèvement d'une grande délicatesse pour servir à terre.

« 5° Le navire doit être placé dans une darse ou dans un bassin, où il y ait toutes les facilités pour l'amarrer solidement, dans une position quelconque : il sera nécessaire d'avoir deux haussières attachées à ses joues, et deux à ses hanches.

« 6° Quand le capitaine a fixé la position dans laquelle chaque compas doit être placé, on doit laisser tomber un fil à plomb de l'endroit qu'occupe le centre de l'aiguille sur le pont, ou, si le compas est dans une cabine, mener de ce point la perpendiculaire au plafond, et, à partir du point ainsi trouvé sur le pont ou sur le plafond de la cabine, tracer avec de la craie, sur le pont ou sur le plafond, deux lignes dont l'une soit exactement parallèle à la quille du navire, ou de l'avant à l'arrière, et dont l'autre soit exactement perpendiculaire à la première, ou par le travers du navire.

« Il sera toujours bon, quand ces lignes seront sur le pont, d'en faire de correspondantes au-dessous des bordages du pont ; car le plafond sera généralement une place plus sûre et plus commode pour y attacher les aimants de correction.

« 7° Pour chaque compas, l'opérateur doit être pourvu de deux barreaux fortement aimantés, enveloppés soigneusement de suif et enfermés dans une boîte en bois mince. Dans quelques circonstances, on a employé des aimants de 14 pouces de long ; mais on recommande d'employer, dans tous les cas, des aimants de deux pieds, ou même davantage : on verra que les aimants grands et puissants peuvent être placés plus convenablement et plus en sûreté que des aimants de moindres dimensions ; et de plus, par ce moyen,

effet d'un léger changement dans la position du compas sera considérablement diminué.

« 8° Chaque aimant, lorsqu'il est monté, doit avoir son entre sur l'une des lignes de craie dont on a parlé plus aut, soit dans une ligne verticale au-dessus de l'une de ces eux lignes, comme par exemple, en dedans ou en dehors e l'habitacle, ou dans tout autre plan vertical, soit dans ne ligne verticale au-dessous, soit encore dans une ligne erticale au-dessus de leur intersection : cette condition est ssentielle à la correction. Peu importe laquelle des lignes t prise pour l'un ou l'autre aimant; mais le centre de chaue aimant ne doit se trouver dans aucun des angles comris entre les lignes tracées à la craie, ni au-dessus ni u-dessous.

« 9° La correction de chaque compas exige un aimant, ue j'appellerai A, dont la longueur soit placée perpendiculairement à la quille; puis un second aimant que j'appellei B, placé dans le sens de la quille. Peu importe sur laquelle es deux lignes de craie l'un ou l'autre de ces aimants est lacé, ou si tous deux sont sur la même ligne, ou non; je ecommanderai cependant de placer l'aimant A sur la ligne ui va de l'avant à l'arrière, et l'aimant B sur la ligne du traers, parce qu'alors le compas ne sera sujet à aucune erreur uand le navire donnera à la bande ou quand il tanguera.

« 10° L'opérateur doit aussi être pourvu, pour chaque ompas, d'une boîte renfermant une petite chaîne en fer, ou ne boîte de clous, pourvu que ceux-ci ne soient pas tous angés dans la même position, ou enfin d'une boîte de petits norceaux de fer malléable, d'une forme quelconque. La boîte eut avoir 6 ou 7 pouces de long, sur la moitié en largeur t en profondeur; pour l'employer, son centre doit être lacé au-dessus des lignes de craie, à la même hauteur que e centre des compas (des expériences ultérieures indiqueront quelle est la ligne qu'il faut choisir), et son extrémité doit être tournée vers le centre du compas.

Ces préliminaires bien entendus, on peut procéder à l'opération définitive ainsi qu'il suit :

« 11° Montez les compas du navire à leur place, s'ils sont bons, ou, dans le cas contraire, montez les compas sensibles (mentionnés dans l'art. 3) sur des supports tels que leurs centres occupent exactement la place des centres des compas du navire.

« 12° Mettez le cap du navire exactement au nord ou au sud magnétique, ce dont vous vous assurerez en visant avec le compas de relèvement qui est à terre, les mâts ou des mires convenablement placées sur l'avant et sur l'arrière du bâtiment. Les compas du navire se trouveront probablement alors affectés d'une erreur considérable.

« 13° Prenez l'aimant A, en évitant pour lui le voisinage d'un autre aimant et le tenant avec soin dans la position qui lui est propre, sa longueur perpendiculaire à la quille; faites-le glisser, ou sur le pont, ou sur le plafond, ou [illegible] le côté de l'habitacle, sur la partie enfin à laquelle vous vous proposez de l'attacher en maintenant toujours son centre sur la ligne de craie, jusqu'à ce que le compas pointe exactement; fixez-le alors provisoirement. Faites la même opération pour tous les compas du navire.

« 14° Il sera prudent de faire faire au navire une demi-révolution, c'est-à-dire de lui mettre le cap au sud, s'il était d'abord au nord, et si l'opération de l'art. 13 a été faite avec soin, le compas du navire doit aussi pointer exactement dans cette position; si cela n'a pas lieu, l'opération doit être répétée jusqu'à ce que l'erreur, dans les deux positions du navire, soit aussi petite que possible.

« 15° Laissez l'aimant A ainsi placé, et mettez le cap du navire exactement à l'est ou à l'ouest, ce dont vous vous assurerez au moyen du compas qui est à terre; les compas du navire seront probablement alors affectés d'erreurs considérables. Prenez l'aimant B, et, le tenant avec soin dans la position qui lui est propre, c'est-à-dire, ayant la longueur

dans le sens de la quille, faites-le glisser sur le pont ou sur le plafond, sur la partie enfin à laquelle il doit être fixé, en maintenant toujours son centre sur la ligne tracée à la craie, jusqu'à ce que le compas pointe exactement; fixez alors l'aimant B provisoirement. Faites la même opération pour tous les compas du navire.

« 16° Essayez alors le compas, en faisant prendre au cap du navire les directions du nord, de l'est, du sud et de l'ouest : si l'opération est faite avec soin, les compas s'accorderont dans toutes les positions avec le compas qui est à terre; s'ils ne s'accordent pas, l'opération ou quelques-unes de ses parties devront être refaites, jusqu'à ce que l'accord ait lieu : au surplus, cela sera rarement nécessaire. Les aimants peuvent alors être fixés d'une manière permanente.

« 17° Mettez maintenant le cap exactement au nord-est, ou au sud-ouest, d'après le compas placé à terre; le compas du navire sera peut-être trouvé en erreur : cette erreur dépassera rarement 3°. Si l'aiguille de l'un des compas pointe trop à droite (pour l'observateur regardant le compas, de la pointe de l'aiguille la plus voisine du Rhumb indiqué entre lui et le centre du compas), la boîte qui renferme la chaîne doit être placée sur tribord ou sur babord, peu importe; si l'aiguille pointe trop à gauche, la boîte doit être placée sur l'avant ou sur l'arrière.

« 18° Au lieu de cette dernière opération, on peut mettre le cap exactement au nord-ouest ou au sud-est; alors, si l'aiguille pointe trop à droite, la boîte qui renferme la chaîne doit être placée sur l'avant ou sur l'arrière; si elle pointe trop à gauche, la boîte doit être placée sur tribord ou sur babord : la distance doit être déterminée par tatonnement, jusqu'à ce que le compas pointe exactement.

« 19° Ces opérations une fois terminées, le compas sera exact dans toutes les positions du navire. »

Si le magnétisme du navire vient à éprouver un changement notable au bout d'un certain temps, un capitaine

expérimenté n'aura pas de peine, en se conformant aux mêmes règles, à faire subir à la position des aimants les modifications convenables.

Une précaution que M. Dupuy de Lôme passe sous silence, parce qu'elle lui paraît probablement trop évidente, consiste à avoir soin de faire la barre du gouvernail en bois ; si on la faisait en fer, la position variable de sa masse, relativement à celle du navire, amènerait des perturbations dans les compas, principalement pour celui qui se trouve sur le pont, et il serait impossible de les compenser pour chaque position de la barre.

SALETÉ DES CARÈNES.

Un inconvénient des bordés en tôle, mais qu'on trouvera probablement moyen d'écarter, c'est qu'ils sont plus prompts à se salir que ceux en bois, doublés de cuivre. Cet effet est principalement sensible dans les pays chauds et s'y développe plus ou moins, d'après des causes que l'on ne peut guère déterminer. Les têtes de rivets en paraissent généralement exemptes.

Jusqu'à ce qu'on ait trouvé le moyen d'empêcher l'adhérence des coquillages sur les carènes en fer, on devra avoir la précaution d'abattre en carène, ou de faire entrer le navire dans un bassin sec, chaque fois qu'il reviendra d'un voyage dans les pays chauds. On pourra ainsi parfaitement nettoyer les tôles et leur donner une couche de peinture au minium. Cette opération assurera au bâtiment une durée qui dépassera certainement de beaucoup celle d'un navire en bois.

PRIX DE REVIENT DES BATIMENTS EN FER ET DE CEUX EN BOIS.

Les différents bâtiments cités par M. Dupuy de Lôme prouvent qu'une assez grande variabilité existe dans leur prix de revient, non-seulement pour les différents ports de construction, mais encore pour le même chantier. Cette dernière variabilité dépend naturellement du but que le con-

ucteur s'est proposé et des échantillons de fer qu'il a
oisis pour atteindre ce but.

A Liverpool, le prix du tonneau pesant de la coque d'un
timent en fer, en y comprenant le bordé en bois du pont,
le plus souvent aussi un pavois en bois au-dessus du pont,
gaillards, ne varie guère que de 38 à 40 livres sterling
frs. 969 à 1,020, en calculant la livre sterling à raison
fr. 25,50).

Pour les bâtiments à vapeur de 200 à 300 chevaux,
ne exécution parfaitement soignée, le tonneau de poids
coque se vend 40 livres sterlings (1,020 fr.). Le ton-
au de jauge coûtera donc 40 livres multipliées par le rap-
rt du poids de coque au tonnage; pour les bâtiments en
les plus légers, ce sera 16 livres sterlings (408 fr.), et
ur les plus solides, 24 livres (612 fr.) le tonneau de jauge.
st exactement ce que M. Wilson a vendu les coques des
rniers grands steamers en bois qu'il a construits à Liver-
ol, pour des compagnies particulières.

Les prix de revient des bâtiments en fer, à Londres et à
istol, sont à peu près les mêmes qu'à Liverpool. En Écosse,
constructions se font à meilleur marché. Le tonneau de
ids de coque des bâtiments écossais ne coûte que 33 liv.
rling (soit fr. 841,50). Cette infériorité des prix doit être
ribuée à deux causes : le moindre soin que l'on apporte à
xécution du travail, et le moindre prix des journées
ouvrier ainsi que des matières premières.

Si l'on réfléchit sérieusement à tous les avantages que
ésentent les bâtiments en fer, avantages que M. Dupuy de
me a su faire ressortir si clairement dans cette première
rtie de son mémoire, on se demande comment, en Bel-
que, où l'industrie du fer s'est considérablement accrue
puis quelques années, on est encore à n'adopter ce
nre de construction qu'avec crainte et répugnance.

Il est à regretter que le gouvernement, à cause des res-
urces trop minimes de sa marine militaire, ne puisse pas

donner lui-même la première impulsion, et détruire ainsi les préjugés et l'opposition qui se sont sans cesse élevés, parmi nos armateurs, contre l'emploi du fer pour les constructions navales.

DEUXIÈME PARTIE.

De la composition des diverses pièces des bâtiments en fer.

DES QUILLES.

Les différentes espèces de quilles peuvent se diviser en deux classes distinctes : les quilles basses et les quilles hautes ; dans chacune de ces classes, on rencontre des dispositions équivalentes entre elles, mais dont il ne serait pas convenable d'étendre l'application d'une classe à l'autre.

Dans la première classe, relative principalement aux bateaux à vapeur, les trois espèces de quilles les plus usitées, sont les suivantes :

1° Les quilles pleines, formées de barres de fer massives, de 6 à 8 mètres de longueur, à section rectangulaire et en forme de trapèze dont la moindre base est en bas ; ces pièces sont réunies par des écarts solidement maintenus par des rivets à têtes fraisées des deux côtés. Les tôles formant gabord maintiennent cette quille, en se repliant sur ses faces latérales, où elles sont fixées par deux lignes de rivets fraisés dans les tôles. Cette quille est particulièrement usitée dans les constructions écossaises ;

2° Les quilles creuses, à section à peu près demi-circulaire, formées de tôles pliées sans angles vifs, pour ne pas fatiguer le métal. Les gabords sont rivés par un joint à clin sur les parties latérales de la quille qui se recourbent horizontalement à leur partie supérieure. Les écarts se font en mettant bout à bout les deux parties à joindre, et en appliquant

à l'intérieur une pièce qui va d'un gabord à l'autre, en contournant le creux de la quille; cette pièce est assez large pour recevoir trois lignes de rivets, de chaque côté du joint.

3° Les quilles creuses, à section rectangulaire. La seule différence qui existe entre ces quilles et les précédentes, consiste en ce que les pièces qui la composent ont été faites au laminoir, avec des angles semblables à ceux des cornières.

Les écarts et la réunion avec les gabords s'opèrent, du reste, comme pour celles à section demi-circulaire. Ces deux espèces de quilles creuses sont presque toujours employées à Liverpool, pour les bateaux à vapeur.

Lorsque la hauteur dépasse 28 ou 30 centimètres, on employe généralement des quilles creuses de la seconde classe, dont les côtés latéraux sont formés par des tôles repliées de manière à venir s'assembler par un joint à clin avec le gabord, et dont la partie inférieure est une tôle repliée à angle droit sur les deux côtés, de manière que ces retours d'équerre viennent s'appliquer contre les faces latérales et s'y river par deux rangées de rivets à tête fraisée à l'extérieur. Quelques constructeurs ne replient pas les tôles qui forment la partie inférieure, mais ils les coupent exactement de la largeur de la quille, et les relient alors, avec celles des faces latérales, par des cornières intérieures rivées avec les tôles des côtés et celles de la face inférieure; par une telle disposition, on conçoit qu'il n'y a plus de limite pour les hauteurs de quilles.

Les écarts de ces quilles creuses se font, du reste, en croisant les joints des tôles et cornières qui les composent, puis en mettant des pièces à l'intérieur, sur les joints.

Primitivement on avait fait régner les tôles de gabords d'un côté à l'autre, de manière à fermer le dessus de la quille et à préserver le bâtiment de l'effet des avaries ou des voies d'eau; mais cette disposition a été depuis abandonnée. Elle présente, en effet, plusieurs défauts : elle ôte la faculté de

nettoyer l'intérieur de la quille et de la repeindre de temps en temps, ce qui arrête complétement l'oxidation, lorsque cette opération est faite seulement tous les deux ans. Elle rend ensuite une réparation à cette partie du navire excessivement coûteuse et difficile; car la moindre pièce ou un seul rivet qu'on aurait à y mettre, exigerait qu'on enlevât le gabord et qu'on délivrât plusieurs varangues au-dessus de l'endroit à réparer.

Les pièces de bois que l'on avait placées à l'intérieur des quilles creuses présentaient également de graves inconvénients. Elles rendaient d'abord leur réparation très-difficile, et ensuite elles tendaient à hâter l'oxidation des tôles, soit par l'humidité qu'elles entretiennent, soit par la fermentation du bois; et quand même on parviendrait à empêcher, par l'interposition de mastic ou de feutre, cet effet corrosif du bois sur la tôle, il arriverait toujours que ce bois se pourrirait avant l'oxidation du métal, et que, pour le remplacer, on serait obligé d'enlever les varangues. On cite des exemples de quilles ainsi faites qu'il a fallu changer quand toutes les tôles du bordé étaient encore en parfait état.

Il faut aussi se garder, dit M. Dupuy de Lôme, d'appliquer des quilles ou fausses quilles en bois sur la tôle d'un bâtiment en fer, par le moyen d'un chevillage transversal; car ces pièces en bois offriraient, en cas d'échouage, le danger d'être arrachées, avec ou sans les chevilles qui les rattachaient à la tôle, en laissant vides ou mal remplis les trous de ces chevilles dans le métal.

C'est ainsi que le *Iron duke*, ayant perdu sur des roches sa fausse quille en bois, sans se faire aucun autre mal, faillit couler bas par les trous des chevilles qui tenaient cette fausse quille. Si l'on était forcé, par quelques circonstances particulières, d'appliquer une quille ou une fausse quille en bois sur un bâtiment en fer, il conviendrait de fixer d'abord à l'extérieur, sur les tôles du bordé, une contre-quille appliquée avec un mastic ou du feutre gras, et tenue par

des chevilles dont les têtes seraient fraisées en dehors ; ensuite on adapterait la quille en bois en la chevillant à travers la tôle avec cette contre-quille ; mais pour toutes les raisons émises plus haut, il faut, autant que possible, éviter tous ces mélanges de bois et de fer, surtout dans les œuvres vives.

On a appliqué, en Angleterre, à des bâtiments en fer, des dérives en quilles latérales ou de roulis, composées de fortes tôles de 25 à 30 centimètres de hauteur, placées normalement à la carène de chaque bord, elles sont tenues dans cette position aux flancs du navire par deux fortes cornières, qui sont rivées sur une virure pour laquelle l'ordre des clins a été interverti, de manière qu'elle soit engagée sous les deux virures latérales, et qu'elle touche partout les membres sans aucun remplissage intermédiaire.

Ces quilles latérales vont en diminuant de hauteur, de l'avant à l'arrière du navire, et se terminent par une section arrondie, à une assez grande distance de l'étrave et de l'étambot : on s'en sert dans les bâtiments à vapeur, dont on ne veut pas augmenter le tirant d'eau par une quille, et afin de diminuer la roideur des mouvements du roulis. Le *Great-Britain*, dont nous avons déjà parlé, n'a pas de quille dans le plan longitudinal, mais il en a une latérale de chaque bord, disposée comme il vient d'être dit.

DES ÉTRAVES.

On emploie deux sortes d'étraves : les étraves massives et les étraves creuses. Les premières sont composées d'une pièce de fer unique ayant une section rectangulaire, ou, le plus souvent, en forme de trapèze dont le petit côté est à l'extérieur ; elles peuvent s'allier indifféremment avec l'une ou l'autre des quilles pleines ou creuses qui ont été citées, et avec lesquelles elles s'écarvent au moyen d'un retour ayant environ 1 mètre de longueur, à partir de l'angle du brion. Avec les quilles pleines, l'écart se fait comme les autres joints

des pièces de ces quilles; avec les quilles creuses, c'est en diminuant peu à peu la largeur de la quille, jusqu'à venir saisir la partie horizontale de la pièce de fer formant brion. Les étraves massives ou en fer forgé, se mettent aussi souvent à des bâtiments n'ayant aucune quille, alors la virure de tôle qui en tient lieu, et dont les côtés se relèvent vers l'avant et vers l'arrière, vient saisir la pièce de brion de la même manière que si cette tôle eut fait quille d'un bout à l'autre. Les tôles du bordé viennent s'appliquer sur les faces latérales de cette étrave en fer, et y sont rivées par deux rangs de rivets allant de part en part, comme ceux qui fixent les gabords sur une quille pleine.

Les étraves creuses ont une forme telle que leur section, pour un plan quelconque, celui d'une ligne d'eau, par exemple, forme la continuation de la section faite dans la carène par le même plan. Les pièces de tôle qui les composent ont environ deux mètres de long, et sont pliées de manière que le rayon de courbure de la courbe de l'avant de l'étrave soit aussi petit qu'on peut le faire sans fatiguer le métal, et aussi de manière qu'on puisse appliquer à l'intérieur et river facilement les pièces destinées à former les écarts de cette étrave, de la même manière que ceux de la première quille creuse citée précédemment.

Les étraves creuses sont toujours combinées avec des quilles creuses et leur réunion présente quelques difficultés. Il faut, d'une part, que le passage de la quille à l'étrave s'opère au moyen d'un ajustement net et solide, et, d'autre part, que la tôle du bordé, qui se relie par un joint à clin sur les lèvres de la quille vienne arcbouter contre la pièce de tôle formant étrave.

C'est avec cette dernière que les tôles du bordé sont réunies, au moyen d'une longue bande placée à l'intérieur, sur le joint, qui est ici la rablure de l'étrave. Cette bande de tôle est, autant que possible, d'une seule pièce, et porte deux lignes de rivets de chaque côté de la rablure.

Les étraves pleines reçoivent presque toujours des guibres en tôle, et les étraves creuses, au contraire, se marient souvent avec des guibres en bois, comme il sera dit, du reste, à l'article des guibres.

DES ÉTAMBOTS.

De même que les quilles et les étraves, les étambots sont pleins ou creux. Les étambots pleins s'assemblent avec les quilles pleines, ou les trois premières espèces de quilles creuses, de la même manière que nous l'avons vu pour les étraves pleines, au moyen d'un talon horizontal d'un mètre environ, venu de forge avec la pièce qui forme étambot ; ils sont saisis, dans toute leur hauteur, par les tôles du bordé, qui y sont rivées par deux lignes de rivets, et qu'on laisse quelquefois un peu dépasser, de manière à accompagner l'eau jusque sur les faces du gouvernail.

Les étambots creux se composent comme les étraves creuses, avec cette différence que, leur section étant rectangulaire, la tôle doit être pliée deux fois à angle droit ce qui exige qu'elle soit de qualité supérieure, de sorte qu'il vaut mieux en commander les pièces pour faire exécuter les angles comme ceux des cornières.

Ces étambots creux se font avec des pièces de 2 mètres de long environ, écarvées comme celles des étraves creuses ou des quilles basses et à section rectangulaire; ils sont destinés à se marier toujours à des quilles creuses. Leur liaison avec le bordé s'opère absolument de la même manière que pour les étraves creuses. Leur face arrière est plate, à l'effet d'y appliquer ensuite une pièce de fer forgé, qui règne dans toute sa hauteur, et qui est fixée à l'extérieur par des boulons fraisés, placés de 30 en 30 centimètres environ ; cette pièce de fer est creusée en arc de cercle, pour recevoir le gouvernail arrondi, qui s'en approche à 4 ou 5 millimètres. Les ferrures du gouvernail emboîtent le tout ;

elles ont un fort boulon sur la face latérale de l'étambot, et deux sur les tôles, lesquels contribuent encore à relier cet ensemble. Quelquefois les étambots creux ne sont pas munis de la pièce en fer dont on vient de parler; alors on les fait tout simplement en tôle arrondie, comme les étraves creuses.

A bord des bâtiments en fer et à hélice, il y a deux étambots : le premier est traversé par l'arbre de l'hélice, et le second porte le bout de cet arbre, ainsi que le gouvernail.

Voici deux projets d'installation de ces deux étambots, que l'on a communiqués à M. Dupuy de Lôme, à propos du *Great Britain*.

Le premier projet consistait à faire le premier étambot en fer plein, et les flancs de la carène y seraient terminés de la manière ordinaire. La pièce de fer qui composait cet étambot devait porter un renflement pour y percer le passage de l'arbre de l'hélice; la quille serait prolongée jusqu'au second étambot, qui, au-dessus et au-dessous de l'emplacement réservé au palier extérieur de l'hélice, serait en fer rond, servant ainsi lui même d'axe de rotation au gouvernail. Celui-ci devait alors avoir un tiers de sa surface en dedans de cet axe, et les deux tiers en dehors.

Le second projet consistait à construire une quille basse creuse et à section rectangulaire, et un premier étambot creux, sans renfort en fer forgé; la quille devait être prolongée au moyen d'un prisme, dont les deux tôles latérales et celles du dessous s'appliqueraient sur les côtés et sur le dessus de la quille du navire. Elles y seraient rivées sur une longueur de 60 centimètres et la tôle formant le dessus du prisme serait fixée par une forte cornière à la face arrière du premier étambot. Quant au second étambot, ce serait aussi un prisme en tôle muni, à l'arrière, du renfort en fer forgé. Le premier étambot aurait les faces assez écartées pour qu'on pût y passer facilement l'arbre de l'hélice.

Le bâtiment étant trop fin à l'arrière pour permettre d'établir commodément un presse-étoupe dans l'étambot même, on se proposait d'adapter à cet étambot, autour de l'arbre, un manchon en tôle qui se prolongerait jusqu'à une partie de la cale plus accessible, et à l'extrémité de ce manchon s'établirait le presse-étoupe.

DE LA MEMBRURE.

Les membrures des bâtiments en fer sont simples ou doubles, c'est-à-dire, composées d'une seule cornière à côtés égaux ou inégaux, ou bien de deux cornières adossées et rivées ensemble, de manière que, par rapport aux faces jointes, il y ait un retour d'équerre d'un côté qui vienne s'appliquer contre les tôles du bordé, et que le retour d'équerre de l'autre cornière soit tourné de l'autre côté et puisse recevoir le vaigrage. Quand on emploie des cornières à côtés inégaux, c'est toujours pour placer le côté le plus long normalement à la carène.

Les écarts des membres simples se font par un recouvrement, en mettant les deux parties à joindre de manière que si, pour l'une des parties, le côté qui s'applique contre la tôle est à droite, pour l'autre partie il soit à gauche. Les deux côtés normaux à la carène sont ainsi l'un contre l'autre sur la longueur du recouvrement et l'on peut les river ensemble.

Les écarts des membres doubles se font de la manière suivante : deux pièces des cornières qui s'appliquent contre le bordé sont mises bout à bout, et le joint est recouvert par l'autre cornière. Quelquefois encore on renforce l'assemblage par une pièce de tôle recouvrant le joint, placée entre les deux cornières et rivée avec elles. Les rivets qui assemblent les deux cornières pour former un membre double, sont placés à 15 centimètres environ de distance les uns des autres.

Les cornières qui forment la membrure sont achetées aux maîtres de forge avec leurs côtés à angle droit, et c'est au chantier de construction qu'on leur donne les équerrages voulus ; comme on préfère avoir des angles de cornière à ou-

vrir plutôt qu'à fermer davantage, on dispose les membres inversement à l'avant et à l'arrière; à l'avant, le côté de la cornière appliqué sur le bordé est opposé à l'étrave, et, à l'arrière, ce même côté est opposé à l'étambot. Vers les extrémités, on dévoie les membres pour ne pas avoir des équerrages trop obtus.

Un membre simple d'un plat-bord à l'autre se compose de deux bouts de cornière écarvés au-dessus de la quille, ou de trois bouts, dont l'un croise la quille. Un membre double complet se compose de cinq pièces de cornières dont les écarts se croisent. Pour les grands bâtiments, les laminoirs ne présentant pas des cornières de longueur suffisante, on les soude dans l'atelier de construction.

Les membres doubles sont infiniment préférables aux membres simples, pour obtenir des bâtiments d'une rigidité convenable. En effet, la cornière simple, qui aurait la même résistance à la flexion qu'un membre double, composé de deux cornières inversement adossées, devrait être d'un échantillon tel qu'elle aurait près de deux fois le poids du membre double de force égale.

La distance des membres entre eux est très-variable, suivant la nature du bâtiment qu'on veut construire; cependant, pour les bâtiments de mer, on ne rencontre guère, au milieu du navire, moins de 0^m30 de distance, ni plus de 0^m50. Ces intervalles vont en augmentant graduellement vers les extrémités, où elles varient, d'un navire à l'autre, depuis 0^m40 jusqu'à 0^m90.

Les membres des bâtiments de mer exigent des cornières de 7 à 15 centimètres de côté; la face appliquée sur le bordé n'a pas plus de 9 centimètres de large, pour les plus grands bâtiments.

DES VARANGUES.

Dans les petits bâtiments, les varangues ne sont souvent que la continuation des membres, sans aucun renfort; mais

lors on est obligé, pour fixer la carlingue du bâtiment, l'appliquer contre la cornière simple formant le membre, un out de cornière renversée; celle-ci présente une face horiontale, où viennent s'écrouer, en dessous, les boulons qui iennent la carlingue. Dans les bâtiments à vapeur munis de achines à balanciers, qui ont ordinairement cinq carlingues ans la chambre des machines, il faudrait cinq bouts de cornièes renversées sur chaque membre; il vaut mieux alors en mettre une qui soit continue et qui occupe tout le fond du navire: n obtient ainsi le système de varangues le plus simple. Ces arangues, tout en permettant d'y fixer les carlingues, ajouent encore de la force aux membrures, en les doublant dans s fonds, tandis que nous les supposons simples sur les côtés.

On peut obtenir des varangues plus roides, en rivant 'abord contre les membres simples une tôle verticale ui diminue graduellement de hauteur. Au can supérieur e cette tôle, est fixée une cornière qui vient ensuite e river sur le membre simple; cette cornière s'arrête un peu plus loin que la tôle de la varangue, ou bien double le membre dans toute sa hauteur.

Dans quelques bâtiments à vapeur, et seulement sous la partie des machines, on ajoute parfois à la varangue précédente deux autres cornières inverses: l'une au can supérieur de la tôle, l'autre rivée au bordé extérieur, de sorte que la tôle verticale de la varangue se trouve prise contre le bordé extérieur entre deux cornières, à son can supérieur également.

Ces deux dernières cornières ne se prolongent jamais au delà du point où la tôle verticale a pour hauteur deux fois le côté d'une cornière, et on s'arrange pour que ce prolongement cesse un peu au delà des carlingues latérales des machines.

Les varangues acculées à l'avant où à l'arrière se construisent d'après la seconde disposition que nous avons indiquée, avec cette seule différence que la tôle verticale devient un triangle ayant beaucoup de hauteur et peu de base.

DU BORDÉ EXTÉRIEUR ET DES PROPORTIONS A SUIVRE DANS LE RIVETAGE.

Le bord extérieur se compose de tôles dont les dimensions les plus ordinaires sont 2m40 de longueur sur 0m60 de largeur, au maître couple; les tôles vont en se rétrécissant vers l'étrave et vers l'étambot.

La règle approchée des constructeurs anglais consiste à faire varier les épaisseurs du bordé, entre bâtiments analogues, proportionnellement à une seule dimension, ou à la racine cubique du produit des trois dimensions principales; sur le même navire, elles vont ordinairement en diminuant depuis la quille jusqu'au plat-bord.

Une série de tôles placées bout à bout et réunies par des joints plats, forme une virure continue qui part de l'étrave et aboutit à l'étambot ou au contour du tableau. Dans les arrières ronds, les virures supérieures, jusqu'aux environs de la jaumière du gouvernail, se continuent d'un bord à l'autre parallèlement au plat-bord; les virures inférieures aboutissent les unes à l'étambot, les autres au can de la dernière des virures continues.

Deux virures contiguës sont réunies entre elles, soit par un joint à clin, soit par un joint plat, ou à franc bord. Les joints à clin se font en superposant deux tôles contiguës et en les unissant par une ou deux lignes de rivets; les joints plats, en appliquant à l'intérieur du navire une bande plane, sur laquelle les deux tôles à relier se fixent chacune par une seule ligne de rivets. Tous ces rivets se présentent par l'intérieur du navire et sont martelés du dehors, de manière que leurs têtes, fraisées dans la tôle, ne laissent aucune surface en saillie qui nuirait à la marche.

Les rivets fraisés ont, en outre, l'avantage que leurs têtes ne peuvent subir les progrès extérieurs de la rouille plus rapidement que la tôle elle-même, tandis que des rivets à

êtes saillantes sont exposés à les perdre, quand la tôle n'est encore qu'à peine diminuée d'épaisseur par l'oxidation.

Les bandes intérieures appliquées sur les joints plats de deux virures sont faites de pièces aussi longues que possible, qui s'écarvent entre elles, soit en superposant les deux extrémités préalablement amincies en biseau, soit en les juxtaposant simplement bout à bout et en les recouvrant par une autre petite pièce intérieure. On prend soin d'alterner d'une virure à l'autre les joints des abouts des tôles, afin de ne pas avoir une section faible dans le bâtiment. Ordinairement ces joints se correspondent de deux en deux virures, et mieux vaudrait encore que ce fût seulement de trois en trois. Chez beaucoup de constructeurs, les bandes placées à l'intérieur, pour former les joints des abouts, viennent seulement arc-bouter contre les deux bandes des joints longitudinaux; mais M. *Laird*, qui a particulièrement étudié ce genre de travaux, prend toujours le soin de faire monter les bouts des petites bandes transversales sur les bandes longitudinales, de manière à saisir chaque extrémité des premières par deux rivets, qui sont communs aux deux systèmes de joints. Cette disposition est nécessaire pour assurer un bon mattage, près des angles des tôles; elle a, en outre, le grand avantage de former de cet ensemble de bandes intérieures un réseau en fer continu, dont toutes les parties sont solidaires entre elles et constituent une nouvelle liaison pour le bâtiment, sans addition sensible de matière.

La série des bandes longitudinales empêche les membres de s'appliquer sur la tôle du bordé; c'est pourquoi on place sous chacun d'eux, entre les bandes longitudinales, de petites pièces de remplissage de la largeur du membre : ces pièces sont traversées par les trois ou quatre rivets, au plus, qui relient le membre à chaque feuille du bordé. Les rivets des bandes longitudinales sont fraisés aussi en dedans du navire, comme en dehors, dans tous les endroits où un membre doit s'appliquer; dans les parties où le bordé est à

clin, la tôle touche la membrure par un de ses bords et s'en écarte par l'autre, ce qui conduit à donner, en ces endroits, la forme de coin aux pièces de remplissage.

Dans l'exécution des joints du bordé, l'espacement des rivets en fonction de leur diamètre et de l'épaisseur de la tôle, est une chose fort importante et soumise à des règles précises.

La règle que M. Dupuy de Lôme déduit des proportions généralement suivies en Angleterre, est la suivante : l'espacement des rivets, variable avec le nombre de leurs rangées parallèles, est respectivement le même pour le joint plat à deux lignes et pour le joint à clin à simple ligne, pour le joint plat à quatre lignes et pour le joint à clin à double ligne : cela tient à ce que, en réalité, un joint plat n'est autre chose qu'un joint à clin sur une tôle étroite, dont la partie visible est nulle en dehors ; ainsi la résistance qu'un joint présente à une force de traction, est toujours égale à celle d'un joint à clin qui n'exigerait que la moitié du nombre des rivets employés pour le joint plat.

Ce dernier n'est préférable au joint à clin, dans le sens longitudinal, que lorsque les tôles sont exposées à résister à des compressions parallèles à leur plan; car alors elles s'appuient l'une sur l'autre sans fatiguer les rivets. Le joint à clin a l'avantage de ne pas exiger une coupe de tôle si précise ; il est aussi plus facile à matter.

C'est pour ces diverses raisons qu'il faut préférer les joints plats ou à francs bords, dans la partie des œuvres mortes où la muraille s'approche de la verticale, et les joints à clin pour les fonds du navire.

Quant aux dimensions et à la distribution des rivets, il faut pour une tôle d'épaisseur 1, prendre des rivets de diamètre 2, qu'on espace d'une distance 5 de centre en centre, de sorte qu'il reste pour intervalle 3 de tôle non coupée, sur une épaisseur 1 de tôle : c'est une surface résistante à la traction égale à 3. Or, le rivet ayant pour dia

mètre 2, sa surface de section est aussi sensiblement égale à 3. Il n'y a donc pas de raison pour que la tôle se déchire avant que les rivets s'arrachent, quand le joint sera soumis à une traction suffisante. On voit aussi que, avec le joint à une ligne de rivets, la tôle n'a plus que les trois cinquièmes de sa force primitive pour résister à la traction.

Dans les joints à clin à deux lignes, chaque intervalle entre les trous de la première ligne devrait avoir la force de deux rivets, si les rivets des deux lignes travaillaient bien ensemble, ce qui, en supposant toujours la même épaisseur à la tôle et le même diamètre de rivets, porterait à 8 la distance des rivets de centre en centre. L'expérience paraît avoir consacré de n'en mettre que 7, ce qui est rationnel, parce que la seconde ligne ne fera tout son effet que lorsque la première sera déjà fatiguée. Le rivet enlevant une largeur de 2, la tôle conserve dans ce mode de joint les cinq septièmes de sa force.

Il est à remarquer que, plus le rivet sera petit par rapport à l'épaisseur de la tôle, plus cette tôle sera affaiblie par les trous, qu'on sera obligé de rapprocher.

En effet, si, à une tôle d'une épaisseur 1, nous avions appliqué un joint à clin à simple rang de rivets, dont le diamètre serait seulement égal à 1, la surface de leur section n'eût été que de 3/4; l'intervalle entre deux trous de rivets n'eût dû par conséquent être que de trois quarts; la largeur découpée par le rivet eût été de 1 : la force de la tôle n'eût donc plus été égale qu'aux trois septièmes de la force primitive, au lieu de trois cinquièmes qui restaient avec des rivets d'un diamètre double.

En partant de ce principe de l'égalité de force entre les rivets et la tôle restante, M. Dupuy de Lôme établit ainsi la formule générale de l'espacement des rivets pour un joint simple : E désigne l'épaisseur de la tôle, D le diamètre du rivet, et L la distance de centre en centre, de sorte que :

$$(L - D)E = \frac{\pi D^2}{4};$$

d'où l'on tire $L = D + \frac{\pi D^2}{4E}$.

Le rapport de la force du joint à celle de la tôle primitive est égal à $\frac{L-D}{L}$; or,

$$\frac{L-D}{L} = \frac{1}{1+\frac{4E}{\pi D}};$$

et l'on voit que plus D sera fort par rapport à E, plus le terme $\frac{4E}{\pi D}$ sera petit, et plus le rapport $\frac{L-D}{L}$ se rapprochera de l'unité.

Il faut donc employer des rivets de diamètre aussi grand que possible, tant qu'on ne sera pas arrêté par des considérations d'autre nature, telles que le mattage des intervalles qui s'accroissent avec le diamètre des rivets, et aussi la force des tôles fraisées, qui doit être en rapport avec la section du rivet. Cette dernière condition donne pour le diamètre des rivets une limite supérieure dont il serait imprudent d'approcher, et que l'on peut établir de la manière suivante.

Un rivet du diamètre D, étant fraisé dans une tôle de l'épaisseur E, il faut, même en supposant que le métal écrasé à coups de marteau n'ait rien perdu de sa force, qu'on ait la surface de section du rivet moindre que sa circonférence multipliée par l'épaisseur de la tête, qui est égale à celle de la tôle ; d'où

$$\frac{\pi D^2}{4} < \pi D E;$$

d'où

$$D < 4E.$$

Il faudrait donc, même en ne supposant aucune altération dans le métal de la tête fraisée, limiter le diamètre des rivets à quatre fois l'épaisseur de la tôle ; mais la condition d'un bon

mattage des intervalles, condition qui ne peut guère s'exprimer dans le calcul, donne une limite plus rapprochée, et l'on se borne généralement à des diamètres de rivets ayant deux fois l'épaisseur de la tôle. L'inclinaison de la génératrice du cône de fraisure est d'un peu plus que 1 de base pour 2 de hauteur.

Dans bien des cas, tels que celui d'un joint fait entre tôles d'épaisseurs différentes, il est impossible de satisfaire rigoureusement aux proportions indiquées dans cet article pour le rivetage; mais toutefois il ne faut jamais les perdre de vue, afin de ne pas trop s'en écarter.

Lorsque le constructeur rencontre ainsi des conditions opposées, c'est à lui de juger qu'elles sont celles à sacrifier aux autres, ou bien encore quel est le terme moyen qu'il convient d'adopter.

DES CARLINGUES.

On emploie quelquefois encore des carlingues en bois dans les bâtiments en fer, mais le plus souvent elles sont composées de tôles et de cornières.

Les carlingues en bois, dites carlingues du bâtiment, sont ordinairement fixées sur les faces horizontales des cornières supérieures des varangues au moyen de boulons arrêtés par un écrou sur la cornière; les autres carlingues en bois, destinées à recevoir les boulons de base des machines, s'attachent au moyen de pattes latérales en fer forgé; ces pattes saisissent la carlingue par deux boulons horizontaux, et sont retenues, d'autre part, par des boulons à écrou, sur les cornières des varangues.

Les boulons de machines traversent ensuite verticalement la carlingue en bois et sont écroués en dessous. Quelquefois au lieu de pattes latérales, on met deux tôles allant de bout en bout, puis deux cornières latérales rivées, d'une part, sur les tôles, de l'autre, sur chaque varangue. Il est clair que,

pour la confection de cette carlingue, la pièce de bois s'introduit après coup entre les deux tôles verticales, avec lesquelles elle est ensuite boulonnée horizontalement. Les carlingues en tôle pour les bateaux à vapeur sont creuses et présentent une section rectangulaire; elles sont fermées par le haut, ouvertes par le bas, ce qui permet de passer les boulons qui tiennent les machines et de les écrouer par dessus. Les deux faces latérales et celle supérieure sont formées chacune d'une tôle et sont reliées entre elles par des cornières intérieures. Les faces verticales sont reliées aux varangues au moyen de cornières extérieures.

De distance en distance, afin de rendre ces carlingues creuses plus aptes à résister à un effort horizontal, on place dans leur vide intérieur, des cloisons composées d'une cornière pliée deux fois à angle droit; elle sert à recevoir une pièce de tôle qui se rive sur la varangue et normalement aux faces intérieures de la carlingue. Cette dernière disposition de carlingue est très-usitée à *Glascow*, où l'on a la coutume de les prolonger bien au delà de la chambre des machines, en finissant par faire de cinq carlingues une seule carlingue centrale. A cet effet, on arrête deux faces de carlingue, chaque fois qu'elles se rencontrent, et on réduit ainsi successivement deux carlingues en une, jusqu'à ce qu'il ne reste plus que celle du centre. Au passage de ces carlingues à travers les cloisons, elles sont entourées de collerettes en cornières. Le prolongement des carlingues en bois, quand il a lieu, se fait en ligne droite jusqu'à la rencontre des façons de la carène.

Pour les bâtiments à voiles, M. *Laird* emploie une carlingue formée d'une seule tôle verticale, régnant d'un bout à l'autre du navire et reliée aux varangues par deux cornières, rivées par deux rangées de rivets avec cette tôle, et par une rangée de rivets avec la varangue. A son can supérieur, cette tôle verticale porte également deux cornières, rivées avec elle par deux rangs de rivets. Pour obtenir plus de solidité,

M. *Laird* met quelquefois deux carlingues latérales de cette espèce, outre celle du milieu.

DES CLOISONS TRANSVERSALES.

Les cloisons transversales, ainsi que M. Dupuy de Lôme nous l'a déjà fait voir, réalisent la double destination de contribuer à la liaison entre les murailles et de diviser la carène en compartiments indépendants. On limite ainsi l'espace qui serait envahi par l'eau, si quelque avarie lui ouvrait un passage à travers le flanc du navire, et l'on est sûr que les divisions demeurées intactes suffiraient pour le faire flotter. Sur les bâtiments à voiles, il convient de mettre au moins trois de ces cloisons : deux vers les extrémités, à quelque distance de l'étrave et de l'étambot, et une vers la partie centrale du bâtiment. A bord d'un bâtiment à vapeur, le nombre habituel est de quatre; toujours les deux extrêmes, destinées à parer aux avaries qui pourraient survenir, en cas d'échouage, à l'étrave ou à l'étambot, puis deux autres dont l'intervalle contient l'espace réservé aux machines ; parfois aussi une cloison en arcade entre les chaudières et les machines. Quelques bâtiments ont jusqu'à six cloisons transversales. Les pompes de cales, établies dans un seul des compartiments, vont puiser l'eau dans les autres au moyen de tuyaux qui traversent les cloisons et qui sont munis de robinets qu'on ouvre ou ferme à volonté; du reste, dans tout bâtiment en fer passablement construit, les pompes n'ont à enlever que l'eau mise volontairement dans la cale. Ordinairement toutes ces cloisons montent jusqu'au pont des gaillards; mais quelquefois aussi elles s'arrêtent à 40 ou 50 centimètres au-dessous, afin qu'il reste à l'air une circulation facile. Pour le service des ponts qui sont suffisamment élevés au-dessus de la flottaison, on pratique, dans les cloisons, des portes qui permettent de circuler sans passer continuellement par le pont des gaillards; mais néanmoins ces

ouvertures sont destinées à pouvoir se fermer rapidement par des portes en tôle ou en bois; celles-ci sont maintenues par des lattes ou des boulons à clavette, qui sont conservés à proximité et qui peuvent se mettre en place quand on prévoit un danger.

Ces cloisons étanches sont composées de tôles réunies par des joints à clin; elles sont saisies, sur tout leur contour, entre deux cornières formant membrures; celles-ci sont placées toutes deux de manière à avoir une face sur la tôle du bordé, auquel elles sont fixées par des rivets beaucoup plus rapprochés que ceux des membrures ordinaires. Ainsi des rivets de 2 centimètres de diamètre seraient placés à 9 centimètre de distance de centre en centre.

Les cornières de liaison des cloisons avec la muraille ne devant pas laisser passer l'eau entre elles et le bordé, sont mattées sur tout leur contour, et, pour que ce travail soit plus parfait, *M. Laird* les façonne à la forge, de manière à les appliquer sans bandes de remplissage, en leur faisant contourner toutes les sinuosités du bordé à clin et du bordé à bandes longitudinales. Dans la plupart des autres chantiers d'Angleterre, ce détail est beaucoup moins soigné; on y fait quelquefois le mattage avec les bandes de remplissage; quelquefois même on emploie tout simplement du mastic qu'on chasse dans les joints. Pour renforcer les cloisons étanches et les rendre capables de résister à la pression de l'eau, sans leur donner trop d'épaisseur, on les munit de cornières verticales, placées moyennement à 1 mètre de distance d'axe en axe; ces cloisons sont, en outre, maintenues par des ponts et entre-ponts qui vont de l'une à l'autre : généralement aussi les cornières de renfort ne règnent que dans la cale.

DES BARROTS DES PONTS ET DES GRANDS BAUX DES ROUES A AUBES.

Pendant quelque temps, on a continué, dans les bâtiments en fer, à mettre les barrots en bois; c'est à bord des

bâtiments à vapeur, pour la partie au-dessus des chaudières, qu'on a commencé à employer des barrots composés de tôles et de cornières; puis leurs excellentes qualités, sous le rapport de la durée, de la force, de la légèreté et de la facilité de les relier solidement à la muraille en fer, ont rendu leur emploi général pour les ponts et entre-ponts des bâtiments en fer.

Dans les récentes constructions de ce genre, les paquebots seuls ont reçu encore une partie de leurs barrots en bois, pour le pont du gaillard d'arrière, au-dessus du salon des passagers; cela tient à ce que les barrots correspondent le plus souvent à un prolongement en bois du flanc du navire, et à ce qu'ils sont toujours plus ou moins ornés de sculptures. Tel est le barrotage du gaillard d'arrière de la *Princesse Royale*, construite à Glascow en 1841; mais les derniers paquebots de la même localité, comme auparavant ceux de Liverpool, et le *Great-Britain* à Bristol, ont tous leurs barrots en fer; seulement ceux des salons sont recouverts de minces enveloppes en bois portant les ornements et sculptures.

Parmi les différentes espèces de barrots en fer employés, M. Dupuy de Lôme cite les quatre suivantes, qui sont les plus usitées :

Les barrots de la première espèce sont formés par une cornière simple, dont la partie horizontale reçoit les bordages du pont : ils présentent la même section que les membres simples;

Ceux de la seconde espèce sont composés de deux cornières, rivées ensemble de la même manière que celles qui composent un membre double;

Ceux de la troisième espèce sont formés par une tôle verticale, de chaque côté de laquelle est rivée, au can supérieur, une cornière dont la partie horizontale reçoit les bordages de pont; les bordages sont alors maintenus sur chacune de ces cornières, ce qui donne une grande facilité pour fixer convenablement les abouts;

Enfin les barrots de la quatrième espèce sont composés comme ceux de la troisième, exceptés qu'ils sont renforcés par deux cornières rivées, l'une d'un côté et l'autre de l'autre, au can inférieur de la tôle verticale.

Dans les trois derniers modes d'assemblage, les rivets qui fixent les cornières entre elles ou avec la tôle placée sur can, sont espacés moyennement de 15 en 15 centimètres. Autant que possible, les tôles et cornières qui composent les barrots sont, d'un bout à l'autre, d'une seule pièce; cependant on en rencontre qui sont écarvées; il y a même certains modes de liaisons de barrots avec la muraille, qui admettent à dessein des écarts dans le barrot: c'est lorsque la cornière se replie au bout du barrot pour se fixer, sur le bordé ou sur une vaigre en tôle, par des rivets dont l'axe est parallèle à la longueur du barrot. Si la cornière ainsi repliée à ses deux bouts allait, en une seule pièce, d'un bord à l'autre, les ouvriers seraient continuellement exposés à la tenir ou trop courte ou trop longue de quelques millimètres. Il faudrait faire de l'ajustage, et c'est ce que l'on doit éviter dans la construction d'un bâtiment en fer. Avec un écart qui ne se rive qu'après les extrémités, toute difficulté de ce genre disparaît; mais nous verrons plus loin des modes de liaison de barrots avec le flanc du navire qui n'exigent aucune précision dans la longueur des barrots et qui sont bien combinés sous tous les rapports.

Pour les grands baux des bâtiments à vapeur, on emploie, ou l'assemblage de la dernière disposition indiquée pour les barrots avec une tôle et des cornières plus fortes, ou bien des baux creux présentant une section carrée ou rectangulaire. Les quatre faces sont alors formées chacune de bandes de tôles aussi longues que possible. Ces faces sont réunies par des cornières intérieures allant de bout en bout, et l'on donne à ces baux des dimensions assez fortes pour qu'un enfant puisse aller dans l'intérieur présenter les rivets, en s'introduisant par les extrémités, qui ne sont fermées qu'en

dernier lieu pour la mise en place des élongis extérieurs.

Les joints des pièces de tôle qui composent les faces, sont consolidés par des bandes placées à l'intérieur dans l'intervalle des deux cornières.

M. Dupuy de Lôme prend cette disposition comme premier exemple, pour comparer les poids des barrots en fer et en bois, à force égale.

Dans son calcul, il considère l'endroit le plus faible du bau, qui est celui où s'écarvent deux tôles de la surface horizontale, qui travaillent par traction, et il prouve que le rapport du poids du bau en fer à celui du bau en bois est égal à 0,639; encore ne tient-il pas compte, pour le bau en bois, du surplus du poids qui résulterait de l'obligation où l'on serait probablement de le faire en deux ou trois pièces écarvées ensemble.

En faisant, pour tous les autres systèmes de barrots en fer, des calculs analogues au précédent, il trouve toujours, à une exception près, que l'avantage est du côté du barrot en fer; mais il est d'autant moindre qu'il s'agit de barrots plus petits.

L'exception a lieu pour un barrot composé d'une tôle verticale, au can supérieur de laquelle sont rivés deux cornières. Dans ce cas, le rapport du poids du barrot en fer à celui d'un barrot en bois de même force, est 1,20. Le chiffre montre que ce dernier barrot en fer est mal combiné; en effet, les deux cornières étant placées au can supérieur de la tôle sans qu'il y ait aucun renfort au can inférieur, il en résulte que le centre de figure est sensiblement rapproché de la partie supérieure, ce qui diminue beaucoup le bras de levier de résistance des fibres de métal composant les faces horizontales des cornières.

Ce barrot est pourtant communément employé en Angleterre; mais c'est évidemment à tort.

Quant aux barrots en fer composés d'une simple cornière, à moins d'en faire le côté vertical de plus de 15 centi-

mètres de haut, ils ne correspondent plus en force qu'à des barrots en bois de très-faibles dimensions, et n'ont même plus sur eux l'avantage de la légèreté; mais ils conservent celui de la durée et d'une meilleure liaison avec la muraille.

DES ÉLONGIS EXTÉRIEURS DES ROUES A AUBES.

Avec les grands baux en fer, on fait les élongis extérieurs, soit totalement en bois, soit en bois blindé de tôle, soit totalement en fer.

Les élongis en bois s'adaptent très-bien aux grands baux formés d'une tôle verticale, aux cans supérieur et inférieur de laquelle sont rivées deux cornières inversement placées; on introduit leurs extrémités entre les cornières supérieures et inférieures des barrots; on les maintient ensuite par deux pièces de tôle qui, rivées sur les faces supérieures et inférieures des baux en fer, se prolongent et se boulonnent sur les faces horizontales de l'élongis; ces élongis en bois ont, en outre, presque toujours par dessous, une bande en fer qui est boulonnée verticalement avec eux et avec les baux en fer à leurs extrémités.

Les élongis en bois, qui sont renforcés à l'intérieur par des tôles rivées entre elles et boulonnées horizontalement avec les pièces de bois, se fixent aux grands baux en fer par deux cornières qui forment collerettes aux extrémités du bau, et qui ont été rivées contre les tôles de l'élongis avant que les pièces de bois aient été fixées à ces tôles.

Les élongis entièrement en fer sont plus particulièrement usités par les constructeurs de *Glascow*. Ils se composent de tôles verticales réunies par une cornière à une tôle horizontale ayant moins de largeur et placée à l'intérieur du tambour, cette dernière tôle, en même temps qu'elle donne de la roideur à l'élongis dans le sens horizontal, est aussi destinée à recevoir le palier extérieur des roues; à cet effet, on place, de 90 en 90 centimètres environ, des cornières repliées

ıgle droit, dont le grand côté de l'angle s'applique sur ·le verticale de l'élongis, et le petit côté sur la tôle hori-ale; contre les deux côtés de cet angle, se rive un triangle ôle verticale : on compose ainsi des élongis très-légers ːapables de supporter des poids considérables.

ıns les dernières constructions en fer exécutées à *Glas-*, les élongis en tôle se trouvent toujours associés aux ıds baux en tôle creux, et voici comment l'on s'y prend r les y fixer : le grand bau étant encore ouvert par les κ extrémités, on rive autour de chacune d'elles une col-tte en forte cornière, puis on présente l'élongis, dont ·le verticale vient fermer les extrémités des grands baux, e rivant sur la collerette extérieure dont on les a précé-ment munies.

ɜs élongis extérieurs des jardins se composent de ıême manière que les grands élongis portant les paliers roues, avec moins de hauteur que ces derniers et de ıdres échantillons pour les matériaux.

DES ÉLONGIS INTÉRIEURS.

ɔuvent, au-dessus de toute la chambre des machines, et que toujours au-dessus de l'espace occupé par les chau-es, on place deux grands élongis contenant entre eux, au re du navire, un panneau suffisant pour le passage de divers ›s de la chaudière. Ces élongis règnent depuis le grand arrière jusqu'à la cloison arrière des chaudières; ils se posent d'une tôle placée sur can et repliée par les extré-ːs sur la face des baux où elle est rivée; puis les cans ːrieur et inférieur de cette tôle sont armés de cornières, se relient à celles des baux par un triangle en tôle. Des tions de baux s'établissent ensuite entre ces élongis et ıuraille, et aussi dans l'intervalle des deux élongis, au re du navire. C'est ordinairement sur la tôle verticale, forme ces élongis, que vient se river la cloison en tôle soutes à charbon latérales.

DE LA LIAISON DES BARROTS A LA MURAILLE

Pour cette partie de la construction, M. Dupu
cite le procédé employé par *M. Laird*, et cel
Glascow, pour les bâtiments en chantier, chez M.
MM. Tod et Mac-Gregor.

Dans chacun de ces systèmes, il faut distingue
des gaillards de ceux des ponts inférieurs.

Pour les barrots des gaillards, *M. Laird* empl
cédé suivant :

Les membrures s'arrêtent à la courbe des lign
du can inférieur des barrots. Une cornière régnan
le pourtour du navire, est fixée à la muraille d
que le sommet de l'angle suive cette courbe
droites. Elle reçoit, sur le côté horizontal, une ban
également horizontale servant de bauquière. C'est
bauquière que viennent se river les parties horizo
cornières inférieures des barrots. Suivant la c
lignes droites du can supérieur des barrots, se tr
contre la muraille une seconde cornière, dont la p
zontale est rivée avec une ceinture en tôle seml
bauquière; c'est alors sur cette seconde ceinture
nent se river les parties horizontales des corni
rieures des barrots. Avant de placer le plat-bord
on pose sur la ceinture en tôle et contre la mu
feuille de feutre gras, qui préserve, comme nous l'
vu, le métal de l'action nuisible du contact im
bois. Cette méthode s'applique surtout à des
qui n'ont pas d'allonges de plat-bord en bois;
trement, pour passer ces allonges, on serait obligé
per les deux tôles horizontales, qui, au-dessus et a
des barrots, forment bauquières tout autour du
La liaison des barrots d'entre-pont, d'après la m
thode, ne diffère de la précédente qu'en ce que les
qui reçoivent les bauquières sont fixées sur les

intérieures des membres, au lieu de l'être sur les tôles du bordé; de sorte que, pour employer ce mode de liaison, il faut que les membres soient doubles, ou, s'ils sont simples, il faudra leur appliquer à tous un bout de cornière renversée à la hauteur des bauquières d'entre-pont. Il est à remarquer qu'avec ce système de liaison des barrots, leur position, à tous les ponts, est indépendante de la répartition des membres, ce qui est d'une très-grande facilité pour la distribution des panneaux, clairvoies, etc.

Dans les chantiers de M. Wingate et de MM. Tod et Mac-Gregor, les barrots des gaillards sont unis à la muraille de la manière suivante :

Les membrures s'arrêtent à la courbe des lignes droites du can supérieur des barrots. Une cornière régnant sur tout le pourtour du navire, est fixée aux tôles du bordé de manière que le sommet de l'angle suive cette courbe des lignes droites. Elle reçoit, sur le côté horizontal, une bande de tôle également horizontale servant de bauquière supérieure. C'est sur cette bauquière que viennent se river les parties horizontales des cornières supérieures des barrots. Chaque barrot correspond à une membrure, et l'assemblage de ces deux fers d'angle est consolidé par un triangle en tôle, rivé dans l'angle sur la partie verticale du barrot, et sur la partie de la membrure normale à la carène.

Avec ce second procédé, les membres sur la face desquels se rivent les triangles en tôle qui tiennent lieu de courbes, peuvent être indifféremment simples ou doubles; quand le couple est double, le triangle en tôle s'introduit entre les deux cornières qui le composent et les rivets prennent les trois épaisseurs.

Pour les barrots des ponts inférieurs, leur mode de liaison avec la muraille, en suivant le même système, ne diffère du précédent qu'en ce que la cornière qui relie la bauquière supérieure à la muraille est placée au-dessus de cette bauquière, au lieu de l'être en dessous, et que son côté verti-

cal est rivé entre les membres, au lieu de l'être avec les tôles du bordé : cette dernière disposition oblige, dans le cas où les membres sont simples, de leur appliquer à tous un bout de cornière sur leur can intérieur, en suivant la courbe des lignes droites du can supérieur des barrots.

Les courbes en tôle ont l'inconvénient d'être gênantes dans l'entre-pont et dans la cale ; on s'est quelquefois plaint qu'elles avariaient les ballots de marchandises, et c'est pour parer à ces inconvénients qu'on fait quelquefois contourner sur leur rebord la cornière inférieure du barrot.

Les bauquières ou ceintures sont d'une grande importance dans les cas d'abordage par le côté ; la nécessité de couper celle du pont des gaillards, pour le passage des montants en bois de la lisse d'appui, est une des raisons qui militent en faveur de la suppression totale de ces allonges.

Pour les grands baux des roues à aubes, la liaison avec la muraille qu'ils traversent se fait de la manière la plus simple ; elle est la même pour les baux écossais (creux et présentant une section rectangulaire), et pour les baux de M. Laird (composés d'une forte tôle verticale, aux cans supérieur et inféférieur de laquelle sont rivées deux cornières) : elle consiste à placer deux collerettes en cornières, rivées sur le bau et sur la tôle du bordé : ces cornières sont mattées pour ne pas laisser passer l'eau. Pour le grand bau de M. Laird, on se dispense de faire contourner les cornières latérales du bau par cette collerette, en complétant le carré au moyen de deux pièces de bois qui sont traversées horizontalement par deux ou trois boulons ; on place ensuite sur chaque bau, comme dans les bâtiments en bois, un ou deux arcs-boutants en fer, qui viennent se river contre le flanc du navire, à la hauteur de la bauquière d'entre-pont, prolongée dans la chambre des machines. Les arcs-boutants soutiennent les grands baux de M. Laird par la partie inférieure, tandis qu'ils s'appliquent latéralement contre les tôles des grands baux écossais, à l'aide de quatre à cinq forts rivets ; quelquefois on établit, en

outre, des tirants en fer, formant suspentes des grands baux, en fixant au-dessus des baux, contre la muraille, deux chandeliers en fer, réunis entre eux, de tribord à babord, par un tirant horizontal qui va de tête en tête des chandeliers, et qui se dirige ensuite vers l'extrémité des baux, où il est solidement rivé; afin d'empêcher les mouvements de trépidation des chandeliers, on réunit encore leurs quatre sommets deux à deux, par des tirants en diagonale, formant au-dessus du pont une croix de Saint André.

DES ÉPONTILLES.

On fait en Angleterre beaucoup d'épontilles en fer rond massif; mais il est évident que, si ces épontilles ont l'avantage d'être moins encombrantes que celles en bois, elles ont, de l'autre côté, le désavantage, à poids égal, d'offrir une bien moins grande résistance à la compression. Lorsqu'on les a employées dans des cales dont le creux était un peu considérable, il est arrivé presque toujours qu'elles ont été faussées par la seule pression latérale des objets de chargement. Ces épontilles en fer s'opposeront, comme toujours, très-bien à l'éloignement des ponts, qui tendrait à se produire par des compressions latérales; mais les épontilles en bois, tenues par des pattes en fer contre la carlingue et contre les barrots, s'opposeront de même à ces éloignements et résisteront beaucoup mieux aux affaissements : les épontilles en bois sont, de toutes les pièces employées dans la construction d'un navire, les moins exposées à la détérioration, et, d'ailleurs, fût-elle plus rapide que celle des autres parties du bâtiment en fer, comme il n'est rien de plus facile à changer qu'une épontille, ce ne serait même pas là un inconvénient.

Dans le cas où l'on voudrait employer des épontilles en fer, M. Dupuy de Lôme propose de les former de tôles roulées en forme de tuyau, ou encore au moyen de quatre cornières adossées. Il est évident, en effet, que de cette manière on obtiendrait, à poids égal, une résistance à la flexion par

compression bien plus considérable que celle des épontilles massives.

DE LA MURAILLE DU NAVIRE AU-DESSUS DU PONT SUPÉRIEUR.

La plupart des bâtiments en fer construits en Angleterre jusqu'en 1842, avaient encore la muraille au-dessus du pont supérieur en bois; M. Laird était le seul qui fît cette portion en tôle, et encore n'avait-il exécuté ainsi que deux bâtiments: le steamer *la Guadeloupe*, achevé en juin 1842, et un brick-pilote pour Calcutta, qui n'était pas encore achevé à la fin de 1842.

Maintenant ce mode de construction est beaucoup plus répandu.

M. Laird avait été amené à substituer la tôle au bois dans cette partie du navire, par les observations qui lui étaient revenues de l'Inde sur la manière dont se comportaient les bâtiments en fer qu'il y avait envoyés, et dont les parties en bois seules avaient un peu souffert.

A bord du steamer *la Guadeloupe*, M. Laird a fait les pavois, au-dessus du pont des gaillards, fort peu élevés. Ils consistent en un prolongement de la tôle du bordé extérieur, qui est muni, à son can supérieur, d'une cornière formant ceinture tout autour du bâtiment, et sur laquelle s'applique un plat-bord en bois, tenu par des boulons à écrous; sur ce plat-bord s'établissent de petits chandeliers en fer amovibles, entre lesquels se tendent un filet de bastinguage et une toile peinte, pour mettre le pont plus à l'abri des embruns. Les chandeliers s'enlèvent en un clin-d'œil, à l'avant et à l'arrière, quand on veut se servir de canons à pivôt, destinés à faire feu dans toute direction par-dessus le plat-bord. Si on voulait faire des pavois en tôle plus élevés, il conviendrait alors de les renforcer par une membrure intérieure: mais il serait défectueux de prolonger les membres de la muraille qui doivent se terminer à la bauquière du pont

des gaillards. Pour ne pas découper cette bauquière, il vaudrait mieux placer des bouts d'allonges, faits en cornières recourbées à angle droit par le pied et rivées sur la tôle supérieure de cette bauquière; la gouttière en bois placée au-dessus de cette tôle serait un peu plus épaisse que de coutume et entaillée pour le passage de ces allonges. Lorsqu'on adopte les pavois des gaillards en tôle pour les bâtiments à vapeur à roues, on fait de la même manière toute la face intérieure des tambours, en mettant du côté des roues les bandes des joints des tôles, ainsi que les cornières qui donnent de la roideur à cette cloison et qui descendent de 50 centimètres environ plus bas que le pont des gaillards. La cornière placée au can supérieur de la tôle formant le pavois tout autour du navire, s'élève en contournant toute la face intérieure en tôle des tambours des roues. En évitant de pratiquer aucune ouverture dans cette cloison, il en résulte que le pont ne sera jamais mouillé par l'eau des roues, comme il arrive le plus souvent par les coutures des tambours en bois.

Quant aux pavois en bois, M. Dupuy de Lôme cite ceux d'un trois-mats barque de 280 tonneaux, construit par M. Laird, comme la disposition la plus soignée et la plus convenable qu'il ait observée en Angleterre. Les pavois de ce bâtiment étaient construits de la manière suivante :

Les montants de batayolle traversaient le plat-bord et la bauquière supérieure du pont des gaillards, et passaient sous ce pont pour venir se fixer aux tôles du bordé au moyen de boulons écroués à l'intérieur ;

Ces montants étaient assez écartés de la muraille pour qu'en passant à travers le pont, ils laissassent intacte la cornière qui relie la bauquière aux tôles intérieures; l'intervalle qui existait alors entre les montants et la muraille était rempli par une pièce de bois. Les batayolles étaient réunies à leur extrémité supérieure par un plat-bord et recevaient sur leur face extérieure des bordages en bois. Pour

augmenter la hauteur de ces pavois, M. Laird avait disposé au-dessus du plat bord de petites allonges, réunies à leur extrémité supérieure par une lisse d'appui, et bordées à l'extérieur par des bordages légers.

Cette disposition est des plus simples et produit une gouttière parfaitement étanche; mais elle a l'inconvénient inhérent aux allonges en bois, d'interrompre, pour chacune d'elles, la tôle horizontale de la bauquière et le plat-bord, en ne laissant que la cornière intacte. Quelquefois l'allonge de batayolle et la pièce qui remplit l'intervalle qui existe entre cette allonge et la muraille, sont d'un seul morceau de bois; mais cette disposition exige de plus forts échantillons et entraîne un déchet considérable, sans offrir aucun avantage de solidité.

Au lieu de boulons pour tenir les allonges en bois, on emploie quelquefois des bandes de tôle qui les contournent et se rivent sur le bordé; mais ce procédé ne vaut pas celui des boulons à écrou, qu'on peut resserrer si le bois vient à se dessécher après sa mise en place.

DES ARRIÈRES.

Dans les bâtiments en fer, comme dans ceux en bois, on fait des arrières ronds ou des arrières carrés, avec voûte et tableau.

M. Dupuy de Lôme n'a observé d'arrières ronds que dans les constructions de M. Laird, quand elles ont la muraille en fer jusqu'à la lisse d'appui; l'arrière alors se fait absolument de la même manière que le reste du flanc du navire, en dévoyant peu à peu ses membres jusqu'à les avoir dans un plan parallèle au plan longitudinal; plus on arrive près de l'étambot, plus les parties inférieures des membres dévoyés se rapprochent, ce qui oblige d'en arrêter, au-dessus du faux-pont, d'abord un sur deux, puis deux sur trois, jusqu'à ce qu'on arrive à ceux qui forment les faces des

s de l'arrière et ceux qui doivent descendre un
ıs bas que la bauquière du faux-pont : cette bau-
ainsi que celles des gaillards, règne en tournant
terruption de tribord à babord, et conserve toujours
ion qui a été indiquée pour les constructions de
l. La virure de tôle qui forme le pavois des gaillards se
e de la même manière que la bauquière qui lui est
t la lisse de couronnement n'est autre chose que la
ation du plat-bord des côtés.
mbot se prolonge dans le faux-pont jusqu'à venir se
ntre un barrot du pont des gaillards, et à cet étam-
fixé un conduit en tôle formant jaumière, réuni à la
ar une cornière qui suit le contour de l'intersection
onduit avec la surface de la voûte. Si on veut placer
e du gouvernail sur le pont supérieur, ce conduit
ans toute la hauteur de l'entre-pont ; si, au contraire,
e la barre dans l'entre-pont, la jaumière s'arrête à la
de la barre ; celle-ci alors doit se reporter vers
, ou se ramener vers l'avant, en lui faisant un
ui lui permette toujours de prolonger l'étambot.
rrières carrés se font, soit tout en fer, soit en fer
ois ; dans l'un et l'autre système, les virures des tôles
lé se continuent jusqu'à l'arête d'intersection de la
t du tableau, de manière à composer une voûte qui se
e avec les côtés du bâtiment, sans former aucun
nalogue à celui qui se trouve à l'extrémité de la barre
ly, dans les bâtiments en bois. Les membres se con-
jusqu'à l'étambot, et quelquefois ils sont dévoyés.
de la barre d'hourdy, on place, à tribord et à babord
mbot, toujours prolongé dans l'entre-pont, deux cor-
dont un bout se relève verticalement pour se river
ace latérale de l'étambot. Ces cornières s'appliquent
sur la tôle qui forme la voûte, puis en arrondissant,
vent verticalement, sur chaque côté du navire, jusqu'à
eur de la bauquière du pont des gaillards. A la partie

horizontale de cette cornière se rive ensuite une tôle placée sur can, et ayant pour hauteur la quantité dont la cornière est repliée le long de l'étambot, c'est-à-dire 25 à 30 centimètres. Si le bâtiment est construit en membres doubles, celui-là est double comme les autres, ce qui se fait en plaçant, au can supérieur de la tôle dont il vient d'être parlé, une cornière renversée, qui se relève ensuite en accompagnant la première sur le côté du navire. Entre ce membre et le contour du tableau, on applique encore ordinairement deux bouts de cornière à tribord et à babord, sur les tôles des côtés; mais elles ne se prolongent pas sur la tôle de la voûte.

Il reste à fermer l'arrière au moyen du tableau, ce qui se fait tantôt avec des cornières et un revêtement en tôle, tantôt avec des jambettes en bois et un bordé de la même nature.

Quand on veut faire toute cette partie en tôle, on commence par garnir tout le contour du tableau d'une cornière façonnée de manière que, l'une de ces faces s'appliquant à l'intérieur sur la tôle de la voûte et du côté du navire, l'autre face soit située dans le plan du tableau, et c'est sur elle que viennent se river les tôles qui en font le revêtement, et dans lesquelles sont découpées les fenêtres de l'arrière.

A la hauteur du pont des gaillards, en suivant le bouge de ce pont, on applique sur le tableau en tôle une bauquière semblable à celles des côtés avec lesquelles elle va se relier; puis, dans l'intervalle des fenêtres, on les renforce au moyen de cornières simples et accouplées comme le restant de la membrure.

Ces cornières sont placées dans un plan parallèle au plan diamétral, et se prolongent, sur la tôle de la voûte, jusqu'au dernier membre transversal tenant lieu de barre d'hourdy.

Quand le tableau se fait en bois, on ne met pas de cornières sur les rebords de la tôle. A la place de cette cornière, on applique à l'intérieur, sur chaque côté du navire, une pièce de bois boulonnée avec la tôle; des jambettes placées

dans un plan parallèle au plan diamétral, se fixent sur la voûte par trois ou quatre boulons à écrous, fraisés en dehors sur le contour du tableau. Dans l'intervalle des jambettes, se placent des entremises en bois, boulonnées de même avec la tôle de la voûte; sur ces jambettes et cette série de pièces de bois qui contournent tout le tableau à l'extérieur, s'appliquent les bordages du tableau. On le façonne alors comme ceux des bâtiments en bois, en le faisant un peu dépasser de chaque bord les flancs du navire, pour se raccorder avec les bouteilles, qui ne sont ordinairement que de fausses bouteilles en bois, appliquées extérieurement sur le bordé en tôle. Pour l'aboutissement du pont contre le tableau, il n'y a rien à ajouter ici à ce qui se pratique dans les bâtiments en bois; seulement il est bon de suivre la coutume dont M. Laird ne s'écarte jamais, pour les combinaisons de bois et de fer dans les constructions : elle consiste à ne pas employer une pièce de bois, en dedans ou en dehors sur le bordé, sans avoir recouvert d'abord la tôle d'une bonne couche de peinture au minium; de plus, il interpose habituellement, entre le bois et le fer, du feutre bien imprégné de goudron.

On remarquera que, dans la composition de ces différents arrières, il n'y a aucune disposition analogue à celles des barres d'arcasse des bâtiments en bois. Quelquefois, pour consolider encore davantage la partie qui porte le gouvernail, on établit à l'intérieur, par-dessus les membres, dans la hauteur de la cale, un ou deux fourcats composés d'une cornière horizontale. Cette cornière est rivée contre les faces des couples doubles, et elle a les deux côtés de l'angle réunis par un triangle en tôle, dont le sommet est à l'étambot. Les extrémités du faux-pont, à l'arrière et à l'avant, se terminent aussi souvent par un triangle en tôle de ce genre, régnant sous les bordages en bois et réunissant les bauquières des deux bords.

DES GUIBRES.

Nous avons vu que l'étrave et le taille-mer se faisaient toujours, ou en fer massif, ou en tôle repliée jusqu'à une hauteur qui dépasse un peu la flottaison en charge; mais, à partir de ce point, on leur adapte souvent encore une guibre en bois, quoique celles en tôle deviennent de jour en jour plus répandues et soient certainement bien préférables, tant par leur solidité, que par leur moindre poids.

Les étraves qui se terminent encore le plus souvent par des guibres en bois, sont celles en tôle. Alors, un peu au-dessus de la flottaison en charge, la carène s'arrête en arrière du trait extérieur de l'étrave et se trouve fermée par une tôle perpendiculaire au plan longitudinal, réunie par des fers d'angle aux faces latérales du navire. Les pièces de bois qui forment la guibre viennent s'appliquer contre cette tôle, après l'interposition de feutre gras, et y sont fixées au moyen de boulons placés parallèlement au plan longitudinal. On voit que, par cette disposition, le bâtiment est entièrement fermé par la tôle, et que cette guibre venant à être enlevée par un abordage, il ne doit pas en résulter de voie d'eau. On remarquera aussi la facilité avec laquelle on pourra remplacer cette guibre lorsqu'elle sera pourrie.

Les étraves en tôle ne se terminent pas toujours par une guibre additionnelle en bois. Quelquefois elles se continuent de manière à former le contour même de la guibre, qui devient alors, en réalité, un prolongement du bâtiment. Dans ce cas, les lignes de sections horizontales qui passent par les œuvres mortes, étant prolongées sur la guibre, se trouvent légèrement concaves, sans avoir aucun angle à la partie où serait, dans un bâtiment en bois, la rablure d'étrave. L'entre-pont et le pont des gaillards se continuent dans l'intérieur de cette guibre, qui, du reste, n'en a plus que le nom et l'apparence extérieure. Un brik-pilote que M. Laird construisait pour Calcutta, lorsque M. Dupuy de Lôme était à Liverpool, avait un avant disposé de cette manière.

Les avants auxquels M. Dupuy de Lôme donne la préférence, sont composés d'une étrave en fer massif et d'une guibre en tôle, tels qu'on les construit maintenant à Glascow. L'étrave est composée d'une seule pièce de fer, écarvée avec la quille et montant jusqu'au pont des gaillards; à l'endroit où la guibre se raccorde avec l'étrave, celle-ci est armée d'une pièce de fer soudée avec elle et formant le commencement du taille-mer, dont tout le complément jusqu'à la figure du navire, est une seule pièce de fer écarvée avec le morceau d'attente dont nous venons de parler.

Le bordé en tôle des flancs du navire vient se fixer par deux lignes de rivets sur l'étrave, dans toute sa hauteur, puis se continue jusqu'à la pièce du taille-mer, sur laquelle il se relie par une seule ligne de rivets. On compose ainsi une guibre fort mince, qui a besoin d'être consolidée contre les efforts latéraux; c'est ce que font les jottereaux et les lisses de herpe.

Les deux revêtements en tôle, distants seulement entre eux de l'épaisseur de l'étrave et du taille-mer, laissent, à la partie supérieure, une ouverture qu'on ferme en y introduisant un bordage qui va depuis la tête de l'étrave jusqu'à l'extrémité du taille-mer. Sur les deux faces de la guibre, en dehors, on applique deux pièces de bois, qu'on boulonne ensemble horizontalement à travers le tout. Ces deux pièces sont ensuite recouvertes par une troisième, choisie de manière à former une courbe qui permette de la cheviller avec les apôtres, et aussi avec les deux lisses appliquées sur la tôle de la guibre. C'est sur cette pièce de bois que se prennent les liures de beaupré. Le reste de l'établissement de la poulaine, avec les jambettes, les jottereaux et les lisses de herpe, se fait comme d'habitude. Toutes les lisses qui accompagnent la guibre en tôle convergent vers son extrémité, pour se terminer en volute ou porter la figure du navire.

Pour les bâtiments qui ont le pavois supérieur en bois, on compose à l'avant un massif en bois, au moyen d'allonges

juxtaposées, qui descendent à partir de la lisse d'appui et vont un peu au-dessous du faux-pont. Avec ces allonges on cheville, à travers la tôle, les diverses pièces de bois qui entrent dans la composition de la guibre.

Lors même qu'on ferait le pavois supérieur en tôle, toute la composition de la guibre pourrait rester la même que celle que nous venons d'indiquer, et il serait toujours bon de mettre à l'intérieur le massif en bois qui concourt à renforcer la muraille, et qui sert, à l'appui du beaupré, au chevillage des pièces de guibre et à l'établissement des écubiers.

DU BORDÉ DES PONTS.

On continue à border en bois la majeure partie des ponts des bâtiments en fer ; cependant on applique aussi quelquefois la tôle aux ponts inférieurs.

On fabrique maintenant en Angleterre, pour l'usage des paquebots en fer, des tôles imprimées, qui sont munies de dessins comme les parquets en fonte, et qui ont sur eux l'avantage d'être moins pesants et nullement fragiles. Ces bordés se font en réunissant les feuilles par des joints plats et les fixant aux barrots par des rivets présentés par-dessous et fraisés dans l'épaisseur du bordé.

Les bordés en bois, qui sont les seuls usités pour les ponts des gaillards, se fixent aux barrots, soit au moyen de petits boulons présentés par-dessus le pont, enfoncés jusqu'à noyer leur tête d'un quart environ de l'épaisseur du bordage et saisis par un écrou sous la cornière du barrot, soit au moyen de vis à bois introduites par-dessous jusqu'aux trois quarts de l'épaisseur du bois. Ce dernier procédé laisse complétement entière la surface supérieure du bordé; mais il ne procure pas une tenue aussi certaine. Dans quelques navires, on rencontre l'un et l'autre procédé réunis, et les barrots à double cornière reçoivent un boulon d'un côté et une vis de l'autre. Les trous au-dessus des têtes des boulons sont,

comme à l'ordinaire, remplis par des tampons en bois, qui se mettent en place bien imprégnés de blanc de céruse.

Afin de rendre le calfatage des ponts plus parfait, on a imaginé de réunir les bordages, en plaçant entre eux une languette en fer feuillard, d'environ 2 millimètres d'épaisseur, engagée à mi-épaisseur du bordage et ayant environ 5 centimètres de largeur, de manière à s'embouveter de 2 $^1/_2$ centimètres de chaque côté. Les bordages sont ainsi mis en place avec du blanc de céruse, et le calfatage trouvant un appui sur la languette en fer, ne peut manquer d'être parfait; mais il est fort long et fort coûteux de travailler les ponts de cette manière, et ce procédé n'a encore été que rarement employé en Angleterre.

Par-dessus la ceinture ou bauquière en tôle des bâtiments en fer, s'appliquent ordinairement une gouttière et une serre-gouttière faisant tout le tour du pont, chevillées ensemble horizontalement et boulonnées verticalement avec les barrots et la ceinture en tôle. Entre cette ceinture en tôle et la gouttière, on place du feutre gras, qui, comprimé par l'action des boulons à écrou, forme un calfatage parfait, capable de durer autant que la pièce de bois. Sur les flancs du navire, ces pièces sont ordinairement en bois du nord; mais elles sont en chêne à l'avant et à l'arrière, c'est-à-dire aux endroits où le pont se contourne.

Sous le bordé des ponts, on établit aussi très-souvent plusieurs bandes en tôle, composées de pièces rivées bout à bout, allant d'une extrémité à l'autre du navire, et rivées sur chaque barrot.

Quelquefois ces bandes de tôle forment deux séries diagonales croisant les barrots à 45 degrés, et allant se terminer sur les bauquières de chaque bord.

Ces tôles sont encore un puissant moyen de liaison pour le navire, et, si on ne les employait pas dans toute la longueur du pont, elles seraient du moins très-bien placées au-dessus de la chambre des machines, dans la partie où l'entre-

pont est interrompu, et où il ne reste plus du pont supérieur que quelques virures de bordage, entre les panneaux des bielles et sur les côtés.

DES PANNEAUX ET DES ÉTAMBRAIS DES MATS.

Les panneaux se forment en plaçant d'abord, entre deux barrots, deux entremises composées comme les barrots, avec cette différence que, si ces derniers sont à doubles cornières, aux deux cans de la tôle verticale, l'entremise n'en a jamais que sur la face en dehors du panneau. Quelquefois on place un triangle en tôle aux angles extérieurs des entremises et des barrots. Sur le rectangle en fer ainsi formé s'appliquent les hiloires en bois, qui se recouvrent à mi-bois aux quatre angles, et qui sont tenues le plus souvent par un boulon vertical à chaque angle, un autre boulon au milieu de chaque hiloire, et des équerres en fer à l'extérieur. Les barrots des panneaux sont ordinairement à doubles cornières au can supérieur, afin que les hiloires transversales étant placées de manière à se boulonner sur l'une d'elles, l'autre serve à recevoir les abouts des bordages du pont.

Lorsqu'il n'y a pas deux cornières au can supérieur des barrots, les bordages passent sous l'hiloire, et leurs bouts apparaissent à l'intérieur du panneau. Aux panneaux de fatigue, les angles des hiloires sont souvent garnis intérieurement d'équerres en tôle, et quelquefois leur can supérieur est aussi recouvert en métal.

Le procédé que M. Dupuy de Lôme cite comme le préférable pour former les étambrais de mât, est celui employé par M. Laird. Les barrots et les entremises sont munis, à leur can inférieur, de cornières tournées en dedans du panneau. Sur ces cornières repose un massif en bois, dans lequel le mât est destiné à être coincé; au can supérieur, toutes les cornières sont en dehors, pour permettre l'introduction de ce massif. Dans le cas où les barrots seraient à doubles cor-

nières, on entaille l'une d'elles, à l'endroit de l'étambrai. L'affaiblissement qui en résulte se compense ensuite en recouvrant le massif d'une large tôle, rivée sur les cornières restées intactes dans le barrot; enfin on borde par-dessus le tout comme à l'ordinaire.

Cette disposition est fort solide et commode à exécuter: elle offre la facilité de changer le massif en bois de l'étambrai, en délivrant seulement quelques bordages et la plaque de tôle placée par-dessus l'entaille de la cornière du barrot.

DES VAIGRES.

Au fond de la cale, dans les parties où l'on a souvent à charger ou à décharger des objets divers, comme aussi au fond de certaines soutes, on établit un vaigrage jointif, soit en tôle mince, soit en bois. On fixe ce vaigrage sur la cornière supérieure des varangues, au moyen de rivets, s'il est en tôle, et, s'il est en bois, au moyen de boulons à écrou, comme le bordé des ponts. Sur le côté du navire, on place encore quelques vaigres, soit en tôle, soit en bois, mais en les espaçant toujours plus ou moins.

Dans les entre-ponts, il n'y a le plus souvent aucune vaigre; quelquefois on en met une ou deux en tôle ou en bois; M. Laird y place ordinairement, à mi-hauteur, tout autour du bâtiment, une ceinture composée d'une forte cornière.

DES TAMBOURS DES ROUES.

A l'article de la formation du pavois au-dessus des gaillards, on a vu que, avec un pavois en tôle, la face intérieure des tambours des roues devait également s'exécuter en métal. On a vu aussi que souvent la tôle s'employait à la confection des élongis extérieurs. Telles sont jusqu'à présent les seules parties des tambours, sur les bâtiments en fer, qui ne soient pas identiques avec leurs analogues sur les bâtiments en bois.

Après ce qui a été dit précédemment au sujet des divers modes d'assemblage du bois et du fer, il n'est pas besoin

d'ajouter de quelle manière les cintres en bois se fixent sur le can supérieur de la face en tôle, et les montants de la face extérieure sur l'élongis en fer. Quand l'élongis extérieur est en bois, ainsi que le pavois des gaillards, les tambours des bâtiments en fer n'ont rien de particulier.

DES PORTE-HAUBANS.

Quelquefois il n'y a pas, à proprement parler, de porte-haubans, lorsque les chaînes de haubans sont appliquées à plat sur la tôle du bordé extérieur, qu'elles y sont tenues par deux ou trois rivets, et qu'elles s'introduisent dans le navire au bas du pavois des gaillards, tout près de la gouttière.

Cette disposition fort simple est toujours praticable pour un bâtiment à vapeur, dont les haubans ne manquent jamais d'empature; elle a seulement l'inconvénient d'être un peu gênante pour la circulation sur le pont.

Quand on veut faire passer les chaînes des haubans par-dessus la lisse d'appui, on établit un porte-haubans en bois, un peu au-dessous de la bauquière du pont; il est tenu sur la tôle de la muraille au moyen de boulons qu'on enfonce du dehors et qu'on saisit par des écrous à l'intérieur. Ces porte-haubans sont, en outre, soutenus par des arcs-boutants en fer, comme ceux des bâtiments en bois. Lorsque le plat-bord est très-bas, le porte-haubans n'a que peu de largeur, et alors on le taille en dessous, en forme de plan incliné, suivant la direction de la partie des chaînes de haubans qui vient se river sur la tôle du bordé.

DES BOSSOIRS.

Les bossoirs se font et s'assujettissent absolument comme ceux des bâtiments en bois; seulement, quand le haut du bâtiment est en fer, les contours de leur passage à travers le navire se garnissent de deux larges collerettes en cornière, l'une en dedans, l'autre en dehors, et la pièce de bois du bossoir se boulonne avec ces collerettes; elle

est soutenue en dehors, comme à l'ordinaire, par une courbe en bois fixée à la muraille par des boulons à écrou.

DES BITTES, DES GUINDEAUX ET DES CABESTANS.

Tous les montants des bittes et des guindeaux des bâtiments en fer que M. Dupuy de Lôme a visités en Angleterre, sont en bois; ils descendent jusqu'aux barrots de l'entrepont ou jusqu'au fond de cale; ils sont saisis entre les barrots par des entremises en bois, et arc-boutés sur le pont par des courbes ou taquets en bois. Les montants et traversins des bittes sont garnis en fonte de fer, comme d'habitude. Quant au choix de tel ou tel système de guindeau, il ne dépend pas du mode de construction du bâtiment. Si l'on veut établir un cabestan, il conviendra d'abord de construire, entre les barrots en fer, un massif en bois retenu au pont comme les étambrais de mât : le reste de l'installation s'achèvera comme à bord des bâtiments en bois.

DES ÉCUBIERS.

Lorsque l'avant du navire est garni, à l'intérieur, d'un massif en bois qui s'étend à quelque distance, à tribord et à babord de l'étrave, les écubiers sont percés dans ce massif, et c'est seulement au contour extérieur qu'on applique sur la tôle un autre massif en bois revêtu de fonte de fer. Lorsque la tôle du bordé est à nu vers l'intérieur du navire, les rebords des écubiers sont garnis en dehors et en dedans. Quelquefois les écubiers étant percés dans une batterie inférieure, le guindeau n'en est pas moins sur le pont des gaillards ; alors les chaînes passent dans des tuyaux en tôle inclinés, rivés autour des écubiers et ayant leur ouverture sur le pont des gaillards, près du guindeau. L'établissement des linguets de toute sorte n'a rien de particulier à bord des bâtiments en fer.

DES DALOTS.

Les dalots presque généralement usités à bord des bâtiments en fer, consistent en des tuyaux en tôle, qui descendent verticalement en dessous du bordage formant gouttière; ils se recourbent, pour aller se fixer sur la tôle du bordé au moyen d'une collerette en cornière, un peu au-dessous de la bauquière des gaillards. L'ouverture sur le pont est recouverte d'un petit grillage qui empêche d'y mettre le pied. Quand la muraille en fer s'arrête à la bauquière du pont des gaillards, on se contente quelquefois de tailler un plan-incliné dans la pièce de bois formant plat-bord sur la bauquière en tôle.

DES SABORDS ET DES HUBLOTS.

Comme, à l'époque où M. Dupuy de Lôme se trouvait en Angleterre, il n'y avait pas encore été fait de bâtiments en fer ayant des pièces en batterie, les sabords qu'il a pu voir n'étaient destinés qu'à donner de l'air et du jour dans les ponts inférieurs; leurs panneaux sont en bois avec des pentures en fer rivées sur la tôle. Un cadre en bois, appliqué autour de l'ouverture faite dans cette tôle, porte la feuillure sur laquelle s'appliquent les rebords du panneau, qui sont garnis de frise; ce panneau est ensuite tenu fermé au moyen de l'un des procédés connus.

Quant aux hublots, ils sont toujours en métal, le plus souvent en bronze. Ils se composent d'un premier cadre rectangulaire, ayant en son centre une ouverture ronde ou carrée, dont les rebords sont ajustés comme ceux d'une soupape, ou bien garnis de liége solidement maintenu par des bandes en bronze. Une seconde pièce de bronze, munie d'un verre lenticulaire, est fixée à charnière sur la première et ferme parfaitement au moyen d'un boulon ou d'un écrou à main. Après avoir pratiqué dans le bordé en tôle une ouverture de grandeur convenable, on applique le cadre de hublot en dehors, et on le fixe au moyen de boulons avec écrous en

dedans. Le joint du cadre et du bordé est rendu étanche par du mastic de fer ou de minium.

DES GOUVERNAILS.

Les gouvernails sont aussi tout en fer et se distinguent en deux espèces principales : ceux à mèche creuse en tôle, et ceux à mèche en fer massif.

Les premiers, toujours plus épais que les seconds, sont particulièrement propres à s'adapter aux étambots en tôle, qui ont eux-mêmes assez d'épaisseur. Des cavités découpées dans la mèche creuse et la tôle du gouvernail, sont garnies d'une pièce en fonte de fer ayant deux trous correspondants à celui du femelot et du même diamètre. Ces cavités reçoivent les femelots, et une barre en fer rond s'introduit par le haut du gouvernail dans l'intérieur de la mèche creuse; cette barre passe dans tous les femelots et forme ainsi la charnière autour de laquelle pivote le gouvernail. Son poids porte sur les pièces de fonte intérieures, qui frottent sur les ferrures en fer forgé fixées au bâtiment. Le corps du gouvernail est, du reste, creux et formé de tôles réunis par des joints plats.

Les gouvernails de la seconde espèce ont des aiguillots, comme les gouvernails en bois. Chacun de ces aiguillots fait partie d'une pièce en fer formant membrure à l'intérieur du gouvernail.

Ces diverses pièces de fer ont leurs extrémités engagées sur les pièces voisines, avec lesquelles elles s'assemblent par un joint à mi-épaisseur. Cet ensemble de pièces de fer forme de cette manière une charpente, sur les deux côtés de laquelle viennent se river des tôles qui complètent le gouvernail et en font un tout parfaitement solide. Ce gouvernail n'a qu'une faible épaisseur, condition indispensable pour s'adapter à un étambot en fer. Il a aussi l'avantage que, s'il vient à se remplir d'eau par un joint mal matté, l'augmentation de poids qui en résulte est insignifiante; seulement la mèche en fer massif doit être beaucoup plus lourde que la

mèche en fer roulé, pour offrir une égale résistance à la torsion.

On fait encore à Glascow, pour les petits bâtiments, une sorte de gouvernail d'une exécution fort simple : on passe dans tous les femelots une barre en fer rond, appuyée par le pied sur un talon venu de forge avec l'étambot ; puis on rive sur les deux faces de cette barre des tôles qui forment un gouvernail. Quand il y a une avarie, il faut entrer dans un bassin, ou éventer tout l'étambot par un abatage en carène. S'il avait besoin d'être changé, il faudrait le démolir sur place et le reconstruire de même. Cette disposition serait évidemment mauvaise pour des bâtiments destinés à faire de longues absences des ports.

DE L'OUTILLAGE ET DU PERSONNEL D'UN CHANTIER DE CONSTRUCTION DE BATIMENTS EN FER.

Dans un chantier de construction de bâtiments en fer, la mise en œuvre du métal offre une complète analogie avec les détails de fabrication des chaudières à vapeur, et permet d'écarter toute combinaison de pièces qui exigeraient de l'ajustage ; l'outillage d'un pareil chantier est donc très-simple. M. Dupuy de Lôme indique la disposition suivante :

Un assez grand nombre de feux de forges fixes et de petites forges portatives, qu'on place sur les échafaudages et dans l'intérieur du bâtiment en construction, pour chauffer les rivets près de l'endroit où on les emploie ; un ou deux fourneaux destinés à chauffer les tôles et les fers d'angle sur une plus grande étendue qu'on ne peut le faire sur l'autel d'une forge ;

Des machines à poinçonner et à couper les tôles et les cornières ;

D'autres pour percer à la mèche et fraiser les trous des rivets déjà percés au poinçon.

Ces machines sont ordinairement en assez grand nombre pour motiver l'emploi d'un petit moteur à vapeur, qui fait aller en même temps le ventilateur des forges.

Il faut, en outre :

Une machine à rouleaux pour plier les tôles;

Une série de presses, d'enclumes et de mandrins en fonte, à surfaces planes ou arrondies;

Des outils à percer sur place;

De petites presses à main, pour forcer les tôles à s'appliquer sur les membres, après avoir donné à chaque feuille une courbure rapprochée;

Enfin tous les autres outils à main usités dans le travail des chaudières.

Quant au personnel des ouvriers, il se compose de forgerons, d'ouvriers riveurs, d'apprentis pour chauffer et apporter les rivets, et de quelques charpentiers pour les travaux en bois.

Comme terme de comparaison, et pour donner une idée de la proportion à établir entre l'outillage et le personnel employés à ces travaux, M. Dupuy de Lôme donne l'énumération du matériel et des ouvriers du chantier de M. Laird, situé à Birken-Head, sur la rivière Mersey, vis-à-vis de Liverpool, tel qu'il était en août 1842 (1).

Ce chantier contenait deux cales de construction, établies simplement sur des grillages en bois. Tout le travail du fer, excepté le montage, se faisait sous un vaste hangar à peu près carré, ayant des murailles sur trois côtés et complétement ouvert sur le quatrième; il était recouvert par une toiture en zinc, avec fermes en fer: cette toiture, composée de quatre arcades, était soutenue dans l'intérieur par des piliers en bois. Sous ce hangar, il y avait vingt-deux feux de forge, dont quatorze de grandeur moyenne, servant à donner l'équerrage aux cornières pour la membrure, et à forger le petit nombre de pièces ouvragées qui entrent dans la composition de certaines parties des bâtiments en fer. Les six autres étaient de petits feux destinés, les uns à confectionner les rivets, les autres des boulons à écrou et à clavette, dont

(1) M. Laird a étendu, depuis cette époque, le matériel et le personnel de son chantier.

on fait un grand usage pour tenir les pièces à faux frais, pendant le montage.

Le transport des membres de la forge à l'enclume et leurs mouvements sur l'enclume, s'exécutent sans aucune grue, le plus souvent à bras, et quelquefois au moyen d'une poulie fixée aux fermes de la toiture ; cette poulie sert à tenir l'une des branches verticale, pendant que l'autre est sur l'enclume.

Dans un angle du hangar étaient placés, à se toucher, deux fourneaux à chauffer les tôles et les cornières, ayant 3 mètres de profondeur commune, et l'un 1m65, l'autre 1 mètre de largeur.

Ces deux fourneaux avaient une cheminée commune, dont on réglait le tirage par une plaque en fer horizontale placée au sommet, et qu'on approchait ou éloignait à volonté de l'orifice.

Le long du mur du fond, à l'intérieur de ce hangar, était adapté l'arbre du manége, mû par une machine d'environ 6 chevaux, placée dans une enceinte latérale, de l'autre côté du mur.

Ce manége donnait le mouvement à sept machines à poinçonner et à couper le fer : deux d'entre elles étaient faites pour poinçonner des trous de 1 pouce et demi de diamètre, dans du fer de 1 pouce d'épaisseur; les autres étaient d'une force moindre. Ces machines sont munies d'un volant dont l'arbre porte deux poulies, l'une fixe, l'autre folle : la courroie venant du manége se pousse sur l'une ou l'autre de ces poulies, pour mettre en mouvement ou arrêter à volonté chaque machine : mais, une fois le volant lancé, le poinçon descend à des intervalles de temps égaux, indépendants de la volonté de l'ouvrier ; ce qui exige de sa part de l'habitude à manœuvrer sa pièce, et d'autant plus qu'aucune de ces machines n'est munie de chariot pour faire avancer régulièrement la pièce à poinçonner (1).

(1) Comme, dans la construction des bâtiments en fer, le plus souvent les rivets ne sont pas en ligne droite ou qu'ils se trouvent à des distances très-variables, l'emploi de ces chariots est inutile.

Le manége faisait aussi mouvoir quatre machines à fraiser t à percer, à la mèche, des trous dont le diamètre pouvait tteindre 2 pouces.

Il y avait une machine à ployer la tôle suivant des formes lindriques ou conoïdales, en lui donnant des courbures riables, dont la plus forte avait pour mesure un rayon *inimum* de 16 centimètres.

Dans ces deux fourneaux à chauffer, M. Laird brûle de la ouille ordinaire des environs de Liverpool; mais, pour les ux de forge où se façonnent les membres, il ne se sert que coke, et il le fabrique à son chantier, dans un four placé côté du hangar principal dont on vient de parler.

Les travaux en bois, menuiserie ou petite mâture, s'exécu- ient dans un édifice séparé, dont le premier étage servait de lle de gabarits. Les bats mâts se travaillaient en plein air.

Sur le bord d'un quai, au ras duquel les bâtiments de oyenne grandeur flottent pendant plusieurs heures de la arée, s'élevait une grue et une machine à mâter; enfin à ntrée du chantier se trouvaient les bureaux, où plusieurs ssinateurs étaient continuellement occupés à tracer et ter les détails d'exécution.

Pendant les mois de juin, juillet, août et septembre 1842, a travaillé activement, chez M. Laird, à deux bâtiments en r, savoir : un brik-pilote pour Calcutta, de 95 pieds de ngueur, et un bateau de 98 pieds, destiné à servir de feu ottant sur la côte. Quelques ouvriers étaient encore occupés finir une chaudière de machine à vapeur. Ces travaux oc- paient cent dix ouvriers pour le fer, et une vingtaine d'en- nts apprentis, le tout dirigé par deux maîtres, présidant, un à la mise en place, l'autre à la confection à l'atelier.

Les nombre des ouvriers pour le bois était d'un contre-maî- re et vingt charpentiers. Il y avait, en outre, un charpentier hargé de surveiller les dessinateurs, de tracer à la salle et de onner aux forgerons les gabarits et les équerrages des ouples.

La membrure du second navire se faisait pendant qu'on bordait le premier, « et il m'a paru, dit M. Dupuy de Lôme, que presque toujours les machines étaient employées et ne faisaient pas attendre les ouvriers ; d'où j'ai pu conclure que l'outillage et le personnel du chantier étaient dans un rapport convenable. » Avec plus ou moins d'ouvriers, le nombre des feux de forge et des machines à poinçonner, à couper et à fraiser, devra croître ou décroître proportionnellement. Quant aux fourneaux à chauffer les tôles et les cornières, il en faut au moins deux. Une seule machine à rouler les tôles suffirait pour un très-grand nombre d'ouvriers ; mais il en faut toujours une.

DE LA CONFECTION DES PIÈCES ET DU MONTAGE DES COQUES.

Dans l'exposé suivant, M. Dupuy de Lôme donne les procédés usités par M. Laird et qui lui ont paru les plus rationels, d'après ce qu'il a pu voir dans les divers chantiers de l'Angleterre. D'ailleurs, pour les parties importantes, on suit à peu près les mêmes méthodes partout.

Après le plan dessiné qui a servi aux principaux calculs du bâtiment à construire, on fait aussi un petit modèle en bois massif, et, sur ce modèle, on trace toute la distribution des membres et des tôles du bordé, dont on relève les grandeurs sur l'échelle, ainsi que les longueurs de chaque membre ; celle des divers barrots se prend sur le plan. On fait venir des fers d'angle de dimensions très-approchées, afin d'éviter, autant que possible, les soudures et les bouts perdus. C'est au chantier qu'on courbe les cornières suivant la forme du gabarit, et qu'on ouvre ou ferme leurs côtés pour leur donner l'équerrage voulu.

En traçant les tôles sur le modèle en bois, on s'arrange pour que les écarts des abouts tombent toujours entre deux membres, qu'ils se croisent d'une virure à l'autre, que la longueur de chaque tôle s'approche de $2^{m}40$, et que la largeur

soit de 50 à 60 centimètres, au milieu du bâtiment. Les dimensions de chaque tôle étant ainsi mesurées avec précision, on a toute facilité pour calculer le poids du bordé en tôle, en tenant compte du recouvrement des virures à clin, des bandes des joints plats et du surplus dû aux têtes des rivets; les poids des barrots et des membres se comptent à tant le mètre de longueur; il est très-facile d'avoir celui de la quille, de l'étrave, de l'étambot, des bauquières et de quelques vaigres, vu que tout est de la même matière, de densité bien connue; reste l'évaluation des poids du bordé des ponts, des plats-bords, et sur laquelle on ne peut pas faire de bien grandes erreurs, et on obtient ainsi le tableau des calculs du poids de coque, avec une précision que ne comportent guère les bâtiments en bois faits sur des plans nouveaux.

Quand on vient à l'exécution, la base principale du travail est, comme d'habitude, un plan du bâtiment tracé en vraie grandeur, à la salle des gabarits, et donnant les sections équidistantes, parallèles à la quille, les sections perpendiculaires à cette quille, dans chaque position où il y aura un membre, les rabattements d'un certain nombre de lisses, enfin l'élévation latérale du bâtiment.

On fait, sur le vertical, un gabarit de chaque membre en planches minces, sur lequel on marque la trace du plan de chaque lisse, et, à côté de cette ligne, l'angle d'équerrage que devront faire entre eux, à cet endroit, les deux faces du fer d'angle composant le membre. Celui-ci est placé de manière que les équerrages seront plutôt obtus qu'aigus, ce dont on est toujours maître, en tournant le fer d'angle d'un côté ou de l'autre.

Sur ce gabarit, on exécute, à la forge, un membre simple, complet, en deux ou trois pièces, qu'on réunit ensemble à faux frais, au moyen de boulons à écrou, et on prépare ainsi toute la membrure, mais, sans aucune double cornière ni renfort de varangue, quels que soient les projets ultérieurs pour ces parties.

Pour façonner le membre, on commence d'abord par le chauffer au fourneau et lui donner la courbure suivant le gabarit, puis on le chauffe par partie, sur un feu de forge, et on lui donne l'équerrage voulu, en ouvrant plus ou moins l'angle droit primitif de la cornière, au moyen d'une pièce en fer présentant un angle obtus, qu'on force à coups de marteau dans l'angle intérieur. Dans cette opération, il faut qu'une des faces du fer d'angle ne se dévie pas du plan du couple, ce qui exige de le rectifier sur une large table en fonte qui, dans quelques ateliers, est percée de trous servant à maintenir le membre avec des crochets pendant qu'on le dresse au marteau.

Pendant qu'on prépare ainsi la membrure, les pièces de quille, d'étrave et d'étambot, se mettent les premières en place, et les écarts des diverses pièces qui les composent sont rivés définitivement, si ce sont des quilles creuses, mais tenus provisoirement, si ce sont des quilles en fer massif; les mêmes rivets qui feront l'écart devant, dans ce dernier cas, traverser les gabords de chaque côté.

L'exécution des quilles, étraves et étambots en fer massif, n'est qu'un travail de forge qui n'a rien de particulier. Quand ces pièces sont en tôle pliée, cette tôle, après avoir été chauffée au fourneau, se façonne sur un prisme massif en fonte, à section rectangulaire ou arrondie, autour duquel on la plie, soit à coup de masse, soit par des pressions exercées sur les faces latérales. La tôle est préalablement saisie, suivant sa ligne milieu, au moyen d'une longue pièce de fonte ou de fer, à chaque extrémité. On a des gabarits qu'on place de distance en distance, pour indiquer la direction de la varangue à cet endroit, afin de bien incliner les lèvres de la quille, de manière qu'elles fassent entre elles l'angle voulu. L'étrave et l'étambot se façonnent de la même manière que la quille, sur des mandrins qui, pour les pièces d'étrave, sont courbes au lieu d'être prismatiques.

Souvent des fers d'angle font l'office des arcs-boutants en

bois, destinés à maintenir l'étrave et l'étambot, et, plus tard, à épontiller les couples et à former les échafaudages autour du bâtiment. Ces fers d'angle sont percés de trous sur les deux faces, ce qui facilite les assemblages au moyen de boulons à clavette ou à écrou.

Après avoir placé la quille, l'étrave et l'étambot, on monte en place chaque membre dont on maintient la forme au moyen de tôles d'ouverture. Si on a une quille creuse, avec des lèvres destinées à se river par-dessus les gabords, alors il faut ménager, entre la quille et les membres, l'épaisseur de ces gabords, ce qui se fait en mettant sur les lèvres de la quille de petites pièces de tôle qui figurent provisoirement ces gabords.

On balance et perpigne les couples absolument comme ceux des bâtiments en bois, puis on procède au placement des lisses en bois, qui se fixent à chaque membre au moyen de crochets en fer. Ces crochets saisissent le membre par le côté perpendiculaire au plan diamétral, traversent la lisse en bois et se serrent en dehors par un écrou. Sous cet écrou, on place souvent un assez grand nombre de viroles, pour obvier à l'excès de longueur du crochet, qu'on ne taraude ordinairement qu'à son extrémité. Les crochets à écrou sont d'un usage continuel dans la mise en place des membres des bâtiments en fer; aussi en a-t-on une grande provision de différentes longueurs.

Avant le montage de ces membres, on a percé sur chacun d'eux, et normalement à la face qui s'applique contre le bordé, autant de trous pour rivets qu'il y aura de virures de tôle entre la quille et le plat-bord, ces trous étant placés de manière à correspondre à peu près au milieu de chaque feuille. On va voir, à l'instant, le motif de cette disposition.

Après le montage complet de la membrure à l'état de membre simple, les lisses étant en place, on procède au revêtement extérieur, en commençant, à tribord et à babord à la fois, par la virure du gabord, et en montant successive-

à l'extérieur; puis on les remet en place après avoir percé à l'atelier les trous des trois rivets sur chaque feuille de bordé, et sur l'autre face de ce membre ceux à 15 centimètres de distance commune, qui serviront plus tard à en faire un membre double. On enlève alors le suivant pour la même opération, et ainsi de suite. C'est à cette époque qu'on applique contre chaque membre simple l'autre fer d'angle destiné à le doubler, et qu'on lui fixe le renfort de la varangue.

Les fers d'angle qui servent à relier les cloisons en tôle au bordé extérieur, ont d'abord été confectionnés et mis en place à faux frais, comme des membres simples ordinaires; quand ensuite le bordé est achevé, on trace sur les membres de cloisons les arêtes des virures à clin, ainsi que des bandes longitudinales des joints plats, et on les renvoie à la forge pour être façonnés de manière à suivre tous les contours des joints du bordé, et pour qu'on y perce les trous de rivets. Ceux correspondants dans le bordé se percent et se fraisent avec l'outil à main. On rive alors cette cornière de cloison et on la matte avec soin sur son contour.

Il convient aussi de procéder le plus tôt possible au mattage de tous les joints du bordé extérieur.

A partir de ce point de l'exécution des bâtiments en fer, le travail ne présente plus rien que de très-simple. On établit les bauquières, on remplace successivement les tôles d'ouverture par les barrots, on achève le pavois supérieur, la guibre et le tableau, puis on borde les ponts; on met en place les carlingues, en ayant soin de ne jamais appliquer une pièce de bois sur le fer sans avoir préalablement recouvert celui-ci d'une bonne couche de peinture minium, et en interposant du feutre dans diverses parties, comme il a été indiqué dans l'exposé des agencements des pièces des bâtiments en fer.

MINES.

ÉTUDE
DES MINERAIS DE FER
DE LA CAMPINE ;

PAR M. E. BIDAUT,

INGÉNIEUR DE 1re CLASSE AU CORPS DES MINES, A LIÉGE.

PREMIER MÉMOIRE.

Limites de la contrée.—On nomme généralement *Campine*, en Belgique, la contrée comprise entre le Demer au sud, l'Escaut à l'ouest, la frontière hollandaise au nord, et la Meuse à l'est. Elle franchit quelquefois ces limites, notamment au sud du Demer, où elle fait une pointe jusques près de Louvain, et porte le nom flamand de *Haegeland*. Elle s'étend ainsi dans les provinces de Limbourg, de Brabant et d'Anvers. Cette contrée est très-basse, fort unie dans la plus grande partie de son étendue, et extrêmement stérile. Le sol y est, en général, couvert de bruyères et de marais, à l'exception cependant des portions qui avoisinent les cours d'eau un peu importants, et qui sont, au contraire, très-fertiles. On a aussi mis en culture les bords des canaux et les alentours des lieux habités, qui forment des oasis au milieu des bruyères.

Description géologique. — Les masses minérales qui consti-

tuent la Campine sont peu nombreuses : elles appartiennent aux terrains tertiaires (d'Aubuisson, etc.), ou fluvio-marins supérieurs de Galeotti, qui sont divisés par cet auteur en trois formations, dont deux seulement se trouvent en Campine, savoir : formation supra-marine (système campinien de M. Dumont) et formation médio-marine ou bétasique (système distien de M. Dumont).

La première de ces formations, qui constitue véritablement la Campine, est composée de sables dits sables de Campine. Ils sont ordinairement blanchâtres ou jaunâtres, quelquefois noirâtres, brunâtres ou verdâtres. Ce sable recouvre presque toute la contrée, ainsi qu'une grande partie de la Flandre. Il est très-mobile et tend à envahir les champs cultivés, lorsque de la tourbe, du limon superficiel ou les travaux de l'homme ne l'ont point fixé. En Campine, où il est presque pur, il est une cause puissante de stérilité; en Flandre, où il est quelquefois mélangé de limon, et où les habitants ont été plus à même de l'amender, la contrée est devenue généralement fertile. Dans la Campine proprement dite, le sol est parfaitement uni; car le sable, sans aucune cohérence, y prend son niveau à peu près comme un liquide, surtout sous l'influence du vent.

La seconde formation, dite médio-marine ou bétasique (système distien), constitue la région ou partie de la Campine qui, dans la contrée dont nous nous occupons, est spécialement appelée *het Haegeland* (ancienne Bétasie des Latins). Les masses minérales qui la composent sont peu variées; ce ne sont que des sables quartzo-ferrugineux de différentes couleurs, des grès ferrugineux et des couches de fer hydraté. Prises dans leur ensemble, dans leurs positions relatives, dans toutes leurs allures particulières, elles impriment au pays un aspect tout à fait particulier.

Les sables quartzo-ferrugineux sont l'assemblage d'une multitude de grains de quartz arénacé, constituant une variété de sables généralement à gros grains et de grains de fer hy-

drate de même grosseur ; les grains quartzeux sont ordinairement plus ou moins transparents, anguleux ou arrondis : ils ont toujours une teinte jaune, tirant quelquefois sur le vert. Les grains ferrugineux entrent pour moitié dans le plus grand nombre de cas ; dans quelques autres, ils dominent. Ils sont arrondis ou plutôt aplatis, d'un brun-rougeâtre foncé ou d'un vert-noirâtre ; ces deux différentes couleurs donnent lieu à des masses sablonneuses rougeâtres ou verdâtres, selon la couleur des grains ferrugineux, qui se font remarquer, en outre, par un poli et un luisant tout particulier. Lorsqu'ils sont de couleur brun rougeâtre, leur dureté est aussi très-grande. Cette quantité de fer hydraté arénacé que contient le système bétasique, est, pour ainsi dire, un caractère distinctif comparativement au système infra-marin, où il est très-rare de rencontrer le fer hydraté sous cette forme.

Les masses sablonneuses se présentent, comme nous avons dit, tantôt avec une teinte rougeâtre, tantôt avec une teinte verdâtre plus ou moins prononcée : celles de la première catégorie dominent ; celles de la deuxième sont moins abondantes : elles sont généralement intercalées dans les sables rougeâtres, auxquels elles passent facilement par l'addition de grains bruns de fer hydraté ; du reste, il n'est souvent facile d'apprécier cette couleur que sur de grandes masses ; car les grains quartzeux, pris isolément, sont presque incolores. Il est à remarquer que souvent la couleur verte est le résultat de l'assemblage et du mélange de grains quartzeux jaunes et de grains ferrugineux noirs.

Quelquefois les sables contiennent des paillettes de mica blanc transparent.

Les grès ferrugineux ne sont autre chose que ces mêmes sables fortement agglutinés et teints par de l'oxyde de fer ; leur intérieur passe même à du véritable minerai de fer. La couleur varie du jaune de rouille au brun noirâtre ; la première est généralement la teinte de la surface extérieure de ces grès, tandis que leur intérieur est d'un brun rougeâtre

assez foncé; leur dureté est variable, et leur texture plus ou moins grenue.

Ils ne constituent que rarement des couches continues; ils se présentent le plus souvent sous forme de lits interrompus, ou de gros blocs allongés, plus ou moins volumineux et dont la surface est irrégulièrement mamelonnée : on y voit des nids remplis de sable verdâtre ou rougeâtre.

L'épaisseur des lits de grès ferrugineux varie de 0m50 à 1m; entre deux lits, on voit assez souvent du grès ferrugineux, soit en plaques, soit en rognons fistuleux, mais différents de ceux de la formation infra-marine, puisqu'ils sont composés presque uniquement de fer hydraté.

Leur stratification, généralement horizontale (nous avons vu des couches inclinées de 10 à 15°), indique celle des sables qui les renferment.

Ces grès sont employés comme pierres d'appareil et comme moellons dans divers édifices particuliers de Diest, dans les tours des églises de Diest, de Kermpt, de Herck, de Haelen, etc., dans les fondations du moulin et du château et dans les piles du pont de Meylandt.

Le fer hydraté pur est assez rare: il constitue de petites couches horizontales de peu de puissance; il s'en trouve aussi dans l'intérieur des grès ferrugineux où il passe à une véritable hématite.

Cette formation médio-marine (constituant le *Haegeland*) repose vers sa limite méridionale, à la hauteur de Louvain, sur la formation infra-marine qui forme le Brabant, tandis que, vers le nord, elle supporte et limite, vers Beringen, Sichem et Aerschot, les sables appartenant à la formation supra-marine qui composent plus spécialement la Campine.

Dans quelques points de la Campine, notamment vers Herenthals et entre Westerloo et Sichem, la formation médio-marine perce la formation supérieure et apparaît à la surface du sol.

Nous avons dit que cette formation donne au pays qu'elle

occupe un aspect tout particulier : en effet, à la plaine parfaitement uniforme des autres parties de la Campine, elle substitue un terrain accidenté et d'une couleur spéciale ; les collines sont élevées, à pentes assez rapides, leurs plateaux assez peu étendus, et recouverts d'une très-légère couche d'humus que les pluies entraînent dans les vallées, qui offrent une végétation assez riche.

Les vallées sont profondes, sillonnées par des cours d'eau qui y forment des mares où croissent beaucoup de végétaux facilement décomposables, et par conséquent propres à donner naissance à de la tourbe ; aussi cette contrée produit-elle abondamment ce combustible.

Après cette description, puisée dans les mémoires de MM. d'Omalius et Galeotti, je passe aux essais docimastiques auxquels je me suis livré.

Ils ont eu lieu sur des minerais provenant de la formation médio-marine ou bétasique, et dont voici l'indication :

Minerais recueillis.—Minerai n° 1. Recueilli, en place, dans la paroi septentrionale d'un chemin creux, à l'ouest de Diest, conduisant de cette ville à l'ancien emplacement du camp : 4 échantillons ;

Minerai n° 2. Recueilli hors place, dans un carrefour près du village de Meylandt, entre ce village et le château de *Vogelsang ;* indiqué par les habitants comme provenant des environs : 4 échantillons provenant de deux morceaux différents ;

Minerai n° 3. Recueilli hors place, au bord du grand chemin de Diest à Zehlem, sur un gros tas préparé pour pierres de construction : 4 échantillons.

Minerai n° 4. Recueilli en place, sur le versant septentrional de la montagne de Bolderberg : 4 échantillons ;

Ces divers échantillons ont été recueillis sans aucun soin particulier et n'ont pas même, dans le but d'éviter un rendement trop élevé, été amenés à l'état de pureté auquel on les obtiendrait à l'aide d'un lavage exécuté en grand.

ESSAIS DOCIMASTIQUES.

Minerai n° 1. — Échantillon n° 1. — Essai n° 1.

Perdant par calcination 0,092 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,356 de matières insolubles. Ce résidu est du quartz blanc.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. . .				9g080
J'ai ajouté	alumine calcinée.	1g110	4,770	4,770
	carbonate de chaux 6,510,			
	soit en chaux.	3,660		
Total des matières fixes. . .				13,850
J'ai obtenu. . .	fonte.	3,900	12,252	
	scorie	8,352		
Oxygène calculé pour former du peroxyde			1,730	
			13,982	13,982
Excès dû à de l'oxyde ferreux, du soufre, etc. .				0,132

Fondant ajouté.	4,770
Matières vitrifiables du minerai.	3,582
Matières insolubles dans l'eau régale.	3,560
Matières solubles dans l'eau régale	0,022

Fonte grise, facile à limer, grenue, cassante, se brisant sans s'aplatir, montrant quelques faibles indices de cristallisation et de sulfure de fer sur les bords.

Scorie difficile à briser à l'extérieur, gris-bleuâtre de plomb en haut, grise en bas, contenant des grenailles; à l'intérieur, caverneuse, opaque, cassure cireuse.

Minerai n° 1. — Échantillon n° 2. — Essai n° 2.

Perdant par calcination 0,095 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,350 de matières insolubles. Ce résidu est du quartz blanc.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. . .				9,050
J'ai ajouté	alumine calcinée.	0,650	2,811	2,811
	carbonate de chaux 3,838 soit en chaux.	2,161		
		Total des matières fixes. . .		11,861
J'ai obtenu. . .	fonte.	3,751	10,062	
	scorie	6,311		
Oxygène calculé pour former du peroxyde			1,658	
			11,720	11,720
		Perte. . .		0,141

Fondant ajouté.	2,811
Matières vitrifiables du minerai.	3,500
Matières insolubles dans l'eau régale.	3,500
Matières solubles dans l'eau régale	0,000

Fonte blanche truitée, difficile à limer, cassante, se brisant sans s'aplatir, à grains assez visibles, montrant des indices de fer sulfuré. De mauvaise qualité.

Scorie : à l'extérieur, opaque et noire, sauf la partie supérieure, qui est translucide et vert-bouteille; criblée de grenailles dans la partie moyenne et inférieure; à l'intérieur, vert-bouteille, translucide, transparente dans les éclats minces.

Minerai n° 1. — Échantillon n° 3. — Essai n° 3.

Perdant par calcination 0,092 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,330 de matières insolubles. Ce résidu est du quartz blanc.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. . .				9,080
J'ai ajouté	silice.	0,123	3,884	3,884
	alumine calcinée.	0,871		
	carbonate de chaux 5,123, soit en chaux.	2,890		
Total des matières fixes. . .				12,964
J'ai obtenu. . .	fonte.	3,840	11,042	
	scorie	7,202		
Oxygène calculé pour former du peroxyde			1,730	
			12,772	12,772
			Perte. . .	0,192

Fondant ajouté.	3,884
Matières vitrifiables du minerai.	3,318
Matières insolubles dans l'eau régale.	3,300
Matières solubles dans l'eau régale	0,018

Fonte blanche, se laissant facilement limer, s'aplatissant avant de se rompre, résistante sous le choc, ne présentant pas d'apparence de fer sulfuré. De bonne qualité.

Scorie bien fondue en émail contenant des grenailles; à l'extérieur et à l'intérieur, opaque, gris de plomb, dégageant par le choc une forte odeur de pierre à fusil.

Minerai n° 1. — Échantillon n° 4. — Essai n° 4.

Perdant par calcination 0,094 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,347 de matières insolubles. Ce résidu est du quartz blanc.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. . .				9,060
J'ai ajouté	alumine calcinée.	0,643	2,782	2,782
	carbonate de chaux 3,799, soit en chaux.	2,139		
			Total des matières fixes. . .	11,842
J'ai obtenu. . .	fonte.	3,845	10,107	
	scorie	6,262		
Oxygène calculé pour former du peroxyde			1,700	
			11,807	11,807
			Perte. . .	0,035

Fondant ajouté.	2,782
Matières vitrifiables du minerai.	3,480
Matières insolubles dans l'eau régale.	3,470
Matières solubles dans l'eau régale	0,010

Fonte blanche, cristalline, fibreuse, facile à limer, se brisant sans s'aplatir, présentant des indices de fer sulfuré.

Scorie : à l'extérieur, en haut un bouton blanc transparent, le reste gris et opaque, parsemé de grenailles ; à l'intérieur, blanc-rosé, translucide ; les petits fragments sont blancs et transparents ; dégage par le choc l'odeur de pierre à fusil.

Minerai n° 2. — Échantillon n° 1. — Essai n° 5.

Perdant par calcination 0,110 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,260 de matières insolubles. Ce résidu est du quartz blanc.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. . .			8,900
J'ai ajouté { alumine calcinée.	0,810	3,510	3,510
carbonate de chaux 4,800,			
soit en chaux.	2,700		
Total des matières fixes. . .			12,410
J'ai obtenu. . . { fonte.	4,240	10,360	
scorie	6,120		
Oxygène calculé pour former du peroxyde		1,900	
		12,260	12,260
Perte. . .			0,150

Fondant ajouté.	3,510
Matières vitrifiables du minerai.	2,610
Matières insolubles dans l'eau régale.	2,600
Matières solubles dans l'eau régale	0,010

Fonte blanche, cristalline, difficile à limer, cassante, se brisant sans s'aplatir, contenant du fer sulfuré. De fort mauvaise qualité.

Scorie : à l'extérieur, opaque, gris-verdâtre avec quelques parties translucides, vertes ; criblée de grenailles ; à l'intérieur, caverneuse, cassure mate dans les parties opaques, vitreuse dans les parties translucides.

Minerai n° 2. — Échantillon n° 2. — Essai n° 6.

Perdant par calcination 0,113 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,277 de matières insolubles. Ce résidu est du quartz blanc.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. . .				8,870
J'ai ajouté	silice.	0,165	3,925	3,925
	alumine calcinée	0,870		
	carbonate de chaux 5,120, soit en chaux.	2,890		
	Total des matières fixes. . .			12,795
J'ai obtenu. . .	fonte.	4,042	10,744	
	scorie	6,702		
	Oxygène calculé pour former du peroxyde		1,870	
			12,614	12,614
			Perte. . .	0,181

Fondant ajouté.	3,925
Matières vitrifiables du minerai.	2,777
Matières insolubles dans l'eau régale.	2,770
Matières solubles dans l'eau régale	0,007

Fonte blanche truitée, se laissant difficilement limer, cassante, se brisant sans s'aplatir, contenant du fer sulfuré.

Scorie : à l'extérieur, contenant des grenailles, opaque, grise, fendillée ; à l'intérieur, caverneuse, opaque, grise.

Minerai n° 2. — Échantillon n° 3. — Essai n° 7.

Perdant par calcination 0,113 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,306 de matières insolubles. Ce résidu est du quartz blanc.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. . .				8,870
J'ai ajouté	alumine calcinée	0,367	2,453	2,453
	carbonate de chaux 3,350, soit en chaux.	1,886		
Total des matières fixes. . .				11,323
J'ai obtenu. . .	fonte.	4,055	9,530	
	scorie	5,475		
Oxygène calculé pour former du peroxyde			1,793	
			11,323	11,323
Perte. . .				0,000

Fondant ajouté.	2,453
Matières vitrifiables du minerai.	3,022
Matières insolubles dans l'eau régale.	3,060
Excès. . .	0,038

Fonte blanche, cristalline, difficile à limer, cassante, se brisant sans s'aplatir, à fibres peu prononcées, présentant des indices de fer sulfuré.

Scorie : à l'extérieur, opaque, noir-verdâtre, un peu fendillée, criblée de grenailles ; à l'intérieur, caverneuse, vert-bouteille, translucide, et, dans les éclats minces, transparente.

Minerai n° 2. — Échantillon n° 4. — Essai n° 8.

Perdant par calcination 0,109 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,290 de matières insolubles. Ce résidu est du quartz blanc.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. . .				8,910
J'ai ajouté	alumine calcinée	0,536	3,447	3,447
	carbonate de chaux 5,173, soit en chaux.	2,911		
		Total des matières fixes. . .		12,357
J'ai obtenu. . .	fonte.	4,163	10,509	
	scorie	6,346		
Oxygène calculé pour former du peroxyde			1,840	
			12,349	12,349
			Perte. . .	0,008

Fondant ajouté.	3,447
Matières vitrifiables du minerai.	2,899
Matières insolubles dans l'eau régale.	2,900
Excès. . .	0,001

Fonte blanche truitée, se laissant limer, résistante sous le choc du marteau, s'aplatissant avant de se rompre : aucun indice de fer sulfuré. De bonne qualité.

Scorie : à l'extérieur, opaque, contenant des grenailles, gris-bleuâtre foncé, et gris-blanchâtre sur les bords inférieurs, la partie supérieure ayant un éclat métallique ; à l'intérieur, vitreuse, rosée, translucide, transparente dans les éclats minces, qui sont rosés par réflexion et blancs par réfraction.

Minerai n° 3. — Échantillon n° 1. — Essai n° 9.

Perdant par calcination 0,072 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,300 de matières insolubles. Ce résidu est du quartz blanc.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. . .				9,280
J'ai ajouté	alumine calcinée.	0,820	3,550	3,550
	carbonate de chaux 4,840, soit en chaux.	2,730		
Total des matières fixes. . .				12,830
J'ai obtenu. . .	fonte.	4,300	10,880	
	scorie	6,580		
Oxygène calculé pour former du peroxyde			1,910	
			12,790	12,790
Perte. . .				0,040

Fondant ajouté.	3,550
Matières vitrifiables du minerai.	3.030
Matières insolubles dans l'eau régale.	3,000
Matières solubles dans l'eau régale	0,030

Fonte blanche, à grains très-fins, se laissant limer, cassante, se brisant sans s'aplatir, offrant quelques indices de fer sulfuré.

Scorie : à l'extérieur, opaque, gris-noirâtre, crevassée, contenant des grenailles ; à l'intérieur, caverneuse, opaque, grise.

Minerai n° 3. — *Échantillon* n° 2. — *Essai* n° 10.

Perdant par calcination 0,101 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,270 de matières insolubles. Ce résidu est du quartz blanc.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. ...				8,990
J'ai ajouté	silice.	0,174	3,934	3,934
	alumine calcinée.	0,870		
	carbonate de chaux 5,122, soit en chaux.	2,890		
Total des matières fixes. . .				12,924
J'ai obtenu. . .	fonte.	4,185	10,841	
	scorie	6,656		
Oxygène calculé pour former du peroxyde			1,900	
			12,741	12,741
Perte. . .				0,185

Fondant ajouté.	3,934
Matières vitrifiables du minerai.	2,722
Matières insolubles dans l'eau régale.	2,700
Matières solubles dans l'eau régale	0,022

Fonte blanche, se laissant limer, cassante, se brisant sans s'aplatir, caverneuse. De mauvaise qualité.

Scorie : contenant des grenailles, translucide et transparente, vert-bouteille clair.

Minerai n° 3. — Échantillon n° 3. — Essai n° 11.

Perdant par calcination 0,101 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,296 de matières insolubles. Ce résidu est du quartz blanc.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. . .				8,990
J'ai ajouté	alumine calcinée	0,548	2,572	2,572
	carbonate de chaux 3,259,			
	soit en chaux.	1,824		
Total des matières fixes. . .				11,562
J'ai obtenu. . .	fonte.	4,300	9,462	
	scorie	5,162		
Oxygène calculé pour former du peroxyde			1,900	
			11,562	11,562
			Perte. . .	0,000

Fondant ajouté	2,572
Matières vitrifiables du minerai.	2,790
Matières insolubles dans l'eau régale.	2,960
Excès. . .	0,170

Fonte blanche, à texture un peu cristalline, se laissant limer, assez résistante sous le marteau, se brisant sans s'aplatir, présentant des indices de fer sulfuré.

Scorie : à l'extérieur, vitreuse, translucide, rosâtre, contenant des grenailles ; à l'intérieur, rosâtre, translucide et transparente dans les éclats minces, qui sont rosâtres par réflexion et blancs par réfraction.

Minerai n° 3. — Échantillon n° 4. — Essai n° 12.

Perdant par calcination 0,101 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,278 de matières insolubles. Ce résidu est du quartz blanc.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. . .				8,990
J'ai ajouté	alumine calcinée.	0,515	3,353	3,353
	carbonate de chaux 5,041,			
	soit en chaux.	2,838		
Total des matières fixes. . .				12,343
J'ai obtenu. . .	fonte.	4,287	10,374	
	scorie	6,087		
Oxygène calculé pour former du peroxyde.			1,894	
			12,268	12,268
			Perte. . .	0,075

Fondant ajouté	3,353
Matières vitrifiables du minerai.	2,734
Matières insolubles dans l'eau régale	2,780
Excès. . .	0,046

Fonte demi-grise, se laissant bien limer, résistant sous le choc du marteau, s'aplatissant avant de se rompre, pas d'indice de fer sulfuré. De bonne qualité.

Scorie : à l'extérieur, opaque, un peu fendillée, gris-bleuâtre, et sur les bords inférieurs gris-blanchâtre, contenant des grenailles, la partie supérieure ayant un éclat métallique; à l'intérieur, rosée, translucide, vitreuse, transparente dans les éclats minces, qui sont rosés par réflexion et blancs par réfraction.

Minerai n° 4. — Échantillon n° 1. — Essai n° 13.

Perdant par calcination 0,090 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,361 de matières insolubles. Ce résidu est du quartz blanc.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. . .				9,100
J'ai ajouté	alumine calcinée	0,660	2,883	2,883
	carbonate de chaux 3,960,			
	soit en chaux.	2,223		
Total des matières fixes. . .				11,983
J'ai obtenu . . .	fonte.	3,020	10,733	
	scorie	7,713		
Oxygène calculé pour former du peroxyde			1,326	
			12,059	12,059
Excès dû à de l'oxyde ferreux, du soufre, etc. . .				0,076

Fondant ajouté	2,883
Matières vitrifiables du minerai.	4,830
Matières insolubles dans l'eau régale.	3,610
Matières solubles dans l'eau régale	1,220

Fonte blanche, à grains fins, cassant sans s'aplatir, offrant des indices de fer sulfuré.

Scorie : à l'extérieur, opaque, noire, crevassée, contenant des grenailles ; à l'intérieur, opaque, caverneuse, terreuse, noire.

Minerai n° 4. — Échantillon n° 2. — Essai n° 14.

Perdant par calcination 0,100 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,460 de matières insolubles. Ce résidu est du quartz blanc.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. . .				9,000
J'ai ajouté	alumine	0,870	3,760	3,760
	carbonate de chaux 5,122,			
	soit en chaux	2,890		
Total des matières fixes. . .				12,760
J'ai obtenu. . .	fonte	3,035	11,457	
	scorie	8,422		
Oxygène calculé pour former du peroxyde			1,326	
			12,783	12,783
Excès dû à de l'oxyde ferreux, du soufre, etc. . .				0,023

Fondant ajouté	3,760
Matières vitrifiables du minerai	4,662
Matières insolubles dans l'eau régale	4,600
Matières solubles dans l'eau régale	0,062

Fonte blanche, se laissant difficilement limer, à cavités tapissées de petits cristaux, peu résistante sous le marteau, se brisant sans s'aplatir.

Scorie noire, opaque, bulleuse.

Minerai n° 4. — Échantillon n° 3. — Essai n° 15.

Perdant par calcination 0,080 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,470 de matières insolubles. Ce résidu est du quartz blanc.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. . .				9,200
J'ai ajouté	alumine calcinée	0,871	3,771	3,771
	carbonate de chaux 5,152, soit en chaux.	2,900		
Total des matières fixes. . .				12,971
J'ai obtenu. . .	fonte	3,255	11,501	
	scorie	8,246		
Oxygène calculé pour former du peroxyde			1,452	
			12,953	12,953
Perte. . .				0,018

Fondant ajouté	3,771
Matières vitrifiables du minerai	4,475
Matières insolubles dans l'eau régale.	4,700
Excès. . .	0,225

Fonte blanche, à texture un peu cristalline, facilement attaquable par la lime, peu résistante sous le marteau, se brisant sans s'aplatir, offrant des indices de fer sulfuré.

Scorie : à l'extérieur, en haut une perle blanche, opaque; le reste opaque, noirâtre, parsemé de grenailles. — Brisée, elle présente une enveloppe extérieure de 0m003 d'émail blanchâtre, opaque. L'intérieur est vitreux, translucide; les petits éclats sont transparents : blancs par réfraction, jaunâtres par réflexion.

Minerai n° 4. — Échantillon n° 4. — Essai n° 16.

Perdant par calcination 0,080 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,460 de matières insolubles. Ce résidu est du quartz blanc.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. . .				9,200
J'ai ajouté	alumine calcinée	0,851	4,810	4,810
	carbonate de chaux 7,032,			
	soit en chaux.	3,959		
	Total des matières fixes. . .			14,010
J'ai obtenu . . .	fonte	3,285	12,538	
	scorie	9,255		
Oxygène calculé pour former du peroxyde			1,452	
			13,990	13,990
			Perte. . .	0,020

Fondant ajouté.	4,810
Matières vitrifiables du minerai	4,443
Matières insolubles dans l'eau régale.	4,600
Excès. . .	0,157

Fonte grise, se laissant parfaitement limer, résistante sous le marteau, s'aplatissant beaucoup avant de se rompre, grenue, pas d'indices de fer sulfuré.

Scorie : à l'extérieur, opaque, gris-bleuâtre, et sur les bords inférieurs, gris-blanchâtre; la partie supérieure a un éclat métallique ; à l'intérieur, opaque, gris-bleuâtre et gris blanchâtre clairs, cassure cireuse.

J'ai borné là mes essais, ne possédant point d'autres échantillons que ceux dont il vient d'être parlé. Je les multiplierai lorsque j'aurai pu aller sur le terrain recueillir de nouveaux matériaux, en étudiant la question capitale de savoir si ces minerais sont exploitables, question dont rien ne peut faire préjuger la solution; car il résulte des rensei-

gnements unanimes que j'ai recueillis, que jamais aucune exploitation, ni tentative d'exploitation, dans le Haegeland, n'a été entreprise sur les minerais ferrifères de la formation médio-marine.

Conclusion. — Ces essais ont été faits sur des substances recueillies sur une ligne d'un développement de 5 lieues; quoique peu nombreux, ils démontrent :

1° Que les grès ferrifères de la Campine renferment des substances qui, si elles sont exploitables, ce qui fera l'objet d'un examen ultérieur, constituent de véritables minerais de fer;

2° Que ces substances ont une teneur supérieure à celles d'un grand nombre de minerais de fer exploités et traités utilement, puisqu'elle s'élève jusqu'à 43 p. °/₀;

3° Que ces substances contiennent du soufre, dont la présence altère, dans certains cas, la nature des produits obtenus (spécialement essais n°ˢ 2, 5, 10 et 14); mais que l'on peut, par l'addition d'un excès de chaux, corriger en partie l'influence nuisible de ce corps simple (essai n° 3, mieux encore n°ˢ 8 et 12, et surtout n° 16).

Prenant pour type de scorie celle représentée par la formule des bi-silicates les plus fusibles de chaux et d'alumine $(6\dot{C}a, \ddot{A}l)\dddot{S}i^{6}$, j'entends par excès de chaux le poids de cette substance que l'on ajoute à celui calculé, eu égard à la quantité de silice, pour satisfaire aux conditions de la formule. C'est ainsi que l'essai n° 3 a été fait avec un excès de $0^{g}782$ de chaux, et avec un excès de $0^{g}238$ d'alumine; mais l'excès de cette dernière substance semble au moins inutile, sinon nuisible. Les essais n°ˢ 8, 12 et 16, ont été faits chacun avec un excès de $1^{g}126$ de chaux.

La formation supra-marine (système campinien) contient aussi des minerais de fer. Je vais me livrer, en ce qui les concerne, à un travail analogue à celui qui précède. J'en rendrai compte dans un second mémoire.

Liége, le 16 décembre 1845.

P.-S. Dans le mémoire ci-dessus, j'arrive à la conclusion « que les grès ferrifères du Haegeland renferment des sub- » stances, qui, si elles sont exploitables, ce qui fera l'objet » d'un examen ultérieur, constituent de véritables minerais » de fer. »

Possibilité d'exploitation. — Aujourd'hui cet examen est devenu facile et la question de la possibilité d'exploitation des grès ferrugineux et du fer hydraté qu'ils contiennent, est résolue par le fait. On exécute en ce moment, sur la montagne qui borne à l'ouest la ville de Diest, de grands travaux de déblai pour l'établissement d'une citadelle; ces travaux ont mis à nu, sur beaucoup de points, un grand nombre de bancs de grès ferrugineux, qui ont, comme je l'ai dit plus haut, de 0^m50 à 1^m, mais qui se suivent de si près, dans le sens vertical, qu'ils forment des masses de 3 à 4^m de puissance. Ces masses contiennent abondamment des lits de fer hydraté, et elles sont elles-mêmes tellement imprégnées de cette substance, que leur ensemble constitue un véritable minerai de fer. Les travaux de déblai que l'on exécute ayant pour objet l'enlèvement de cette substance, peuvent, quoique ce ne soit point là leur but, être regardés comme de véritables travaux d'exploitation à ciel ouvert, pratiquée sur la plus grande échelle. Voici comment on y procède.

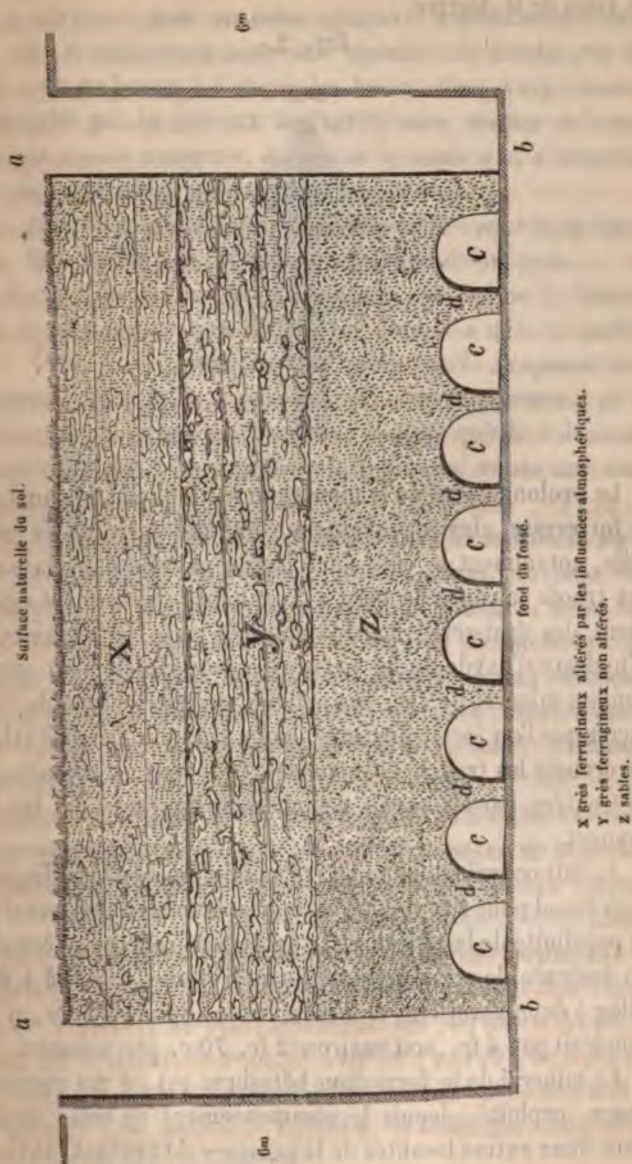
Mode d'exploitation. — On pratique d'abord une tranchée verticale, d'une profondeur égale à celle que l'on veut donner aux fossés, profondeur qui, dans l'espèce, est de 6^m environ. La tranchée faite, on a, des deux côtés, des parois verticales limitant des masses qu'il s'agit d'enlever et que l'on attaque de la manière suivante : on divise ces parois en fronts *a a*, *b b* de 20^m de longueur (fig. 1); on circonscrit ces fronts par des coupures verticales *ab*, *ab*, de 5^m de profon-

deur. Pendant que ces coupures s'exécutent, on pratique, à la partie inférieure du massif, des espèces de niches *c c*, au nombre de 8 à 10, auxquelles on donne une longueur de 5^m. Elles ont environ 1^m de diamètre. Quand ce double travail, qui représente exactement le coupement et le havage que l'on exécute pour l'abatage des couches de houilles, est terminé, on amincit les massifs *d d* laissés pour supports; un ouvrier se place à la partie supérieure sur le sol naturel, pour juger, par la grandeur des crevasses qui s'opèrent, du moment de la chute du massif; quand il la croit prochaine, il avertit ses camarades, qui se retirent; le massif s'éboule, et il ne reste plus qu'à dépecer les gros fragments et à transporter le tout en lieu convenable.

Les niches *c* et l'amincissement des massifs *d*, se font d'une manière très-ingénieuse, qui met les ouvriers à l'abri des éboulements. On emploie à ce travail une espèce de fer de lance L (fig. 2), emmanché d'une hampe de 4 à 5^m de longueur; 3 ou 4 ouvriers saisissent cette hampe et, la tenant horizontalement, lui impriment un mouvement de va-et-vient, en dirigeant sa pointe dans les parties de sable les plus friables. Ce travail occupe 10 ouvriers : un à chacune des deux coupures *ab*, huit au percement simultané de 2 niches. Il avance si rapidement, qu'au dire de l'officier du génie dirigeant la construction, l'abatage d'un massif de 20^m sur 6^m et sur 5^m, ou de 600^{m^3}, ne dure que deux à trois jours. Le salaire des ouvriers est de 2 fr. par jour, soit 60 fr. pour les 3 journées : l'abatage du mètre cube ne reviendrait donc qu'à 10 centimes, auxquels il faut ajouter le dépeçage et le transport.

Les entrepreneurs reçoivent deux prix différents pour le mètre cube, abattu, dépecé et transporté, de grès ferrifère et d'hydrate de fer, moyennement durs ou très-durs : pour les premiers, ils ont 1 fr. 20 c. ; pour les seconds, 1 fr. 60 c. Il faut observer que le travail préparatoire du percement des tranchées verticales est un travail beaucoup plus difficile et

(Fig. 1.) Projection verticale.



X grès ferrugineux altérés par les influences atmosphériques.
Y grès ferrugineux non altérés.
Z sables.

plus lent que ne l'est celui que l'on exécute ensuite comme je viens de le décrire.

Fig. 2.



Le prolongement de la montagne sur laquelle on construit la forteresse, ainsi que d'autres côtes des environs de cette ville, notamment la côte de Schaffen et celle dans laquelle est tracée la route de Diest à Turnhout, contiennent également des épaisseurs considérables de grès ferrugineux et d'hydrate d'oxyde de fer propres à être exploités en masse comme minerai de fer. Ces collines se présentent de telle façon que l'on serait dispensé, pour entamer l'exploitation, de creuser les tranchées verticales, qui sont, d'ailleurs, représentées par les parois des chemins encaissés qui les sillonnent.

Je suis convaincu que, vu la facilité donnée par la disposition du sol pour l'exploitation, le peu de valeur des terrains, la proximité de la rivière et la pente naturelle qui y conduit en descente, le prix de revient du mètre cube (1,500 à 1,600 kilog.) de minerai trié et mis en bateau sur le Demer, n'atteindrait pas 4 fr., soit environ 2 fr. 70 c. par tonneau.

Le minerai de la formation bétasique est, à ma connaissance, exploité, depuis le commencement de cette année, dans deux autres localités de la province de Brabant, savoir :

à Wesemael et à Geelrode, à l'est de la grande route de Louvain à Aerschot. Dans ces deux villages, l'exploitation a lieu sur une échelle aussi restreinte qu'elle est développée à Diest : on se borne à dégager les bancs, dont l'existence a été révélée par les travaux de l'agriculture, du peu de terre végétale qui les recouvre, à enlever le minerai et à remplir la tranchée avec les débris et la terre enlevée.

Le minerai exploité dans ces deux localités pour le compte de M. Defacqz fils, de Louvain, est livré au commerce.

Cet exemple, de peu d'importance par lui-même, a l'avantage de démontrer que le minerai dont il s'agit se prête aussi bien à l'exploitation en petit qu'à l'exploitation en grand. Quoique la première soit, en apparence, plus simple que la seconde, j'ai peine à croire qu'elle soit aussi économique dans les localités où le minerai existe sur une certaine épaisseur.

J'ai récemment constaté l'existence du minerai de la formation bétasique dans deux localités de la province du Limbourg : 1° sur la route de Diest à Beringen, dans les accotements de cette route, à 200^{m} à l'est de l'auberge du Swanenberg ; 2° dans la partie occidentale de la montagne dite Bolderberg, et dans le terrain qui sépare le revers nord de cette montagne de la commune de Vierverseel et de l'étang de Terlamen.

Je crois en avoir dit assez, dans ce qui précède, pour attirer l'attention sérieuse de l'industrie sur les minerais de la partie moyenne des terrains tertiaires du Brabant et du Limbourg, autrement dit, des terrains qui constituent le Haegeland. Il est à desirer que le gouvernement, convaincu de leur importance, en facilite le transport, en se décidant à améliorer la navigation du Demer (qui, dans l'état actuel des choses, n'est navigable que pendant 6 mois de l'année, à raison de 2 jours par semaine, lorsque l'eau n'est pas absorbée par l'usage des moulins), et en hâtant l'exécution du canal qui doit relier Hasselt au canal de la Campine.

Analyse des minerais. — J'ai analysé un mélange de parties sensiblement égales des minerais n°s 1 et 3, et j'ai obtenu, sur 100, la composition suivante :

Eau d'hydratation et matières volatiles. . .		0,094
Silice et quartz.		0,312
Alumine.		0,012
Chaux.		0,008
Magnésie.		0,001
Oxygène = 0,1645 / Fer. . . = 0,3735	oxyde ferrique.	0,538
Soufre = 0,006 / Fer . . = 0,005	sulfure ferrique.	0,011
Perte		0,024
	Total. . . .	1,000

La quantité de soufre contenue dans ces minerais est, comme on le voit, peu considérable. Il résulte d'analyses auxquelles M. Geoffroi, sous-ingénieur au corps des mines, se livre en ce moment, que presque tous les minerais de la province de Namur en contiennent autant ; quelques-uns même en renferment des quantités doubles et triples de celui dont je viens de donner la composition, sans que pour cela on cesse de les exploiter et de les traiter.

J'ai vainement cherché le phosphore dans ces minerais ; je ne veux pas en conclure dès à présent qu'il n'y existe point : j'ai besoin de nouveaux essais pour asseoir mon opinion à ce sujet. Je la ferai connaître en publiant de nouvelles analyses.

Liége, 20 juillet 1846.

SECOND MÉMOIRE.

J'ai traité, dans un premier mémoire sur les minerais de fer des provinces septentrionales du royaume, de ceux de ces minerais qui se trouvent dans la formation medio-marine ou bétasique (Galeotti), système distien (Dumont), je consacrerai, ainsi que je l'ai dit, le présent travail à l'étude de ceux de ces minerais qui surmontent la formation supra-marine (Galeotti), système campinien (Dumont), constituant, dans cette contrée, la partie supérieure de nos terrains tertiaires.

Je suis heureux d'avoir à annoncer, dès à présent, que mes prévisions touchant l'avenir de ces minerais et de la contrée qui les renferment, sont réalisées. Dans un rapport du 16 octobre 1845, je disais : « La possibilité d'exploiter « et de traiter les minerais que peuvent renfermer les ter- » rains tertiaires, serait pour la Belgique entière une nou- » velle cause de prospérité, et pour la Campine spécialement, » pays pauvre, inculte et désert, une source de travail et de » richesse. »

Depuis cette époque, en décembre 1845, plusieurs personnes ont commencé, sur divers points de la Campine, notamment dans les vallées des deux Nèthes, des recherches qui, dans quelques localités, sont déjà transformées en travaux d'exploitation, d'une importance telle qu'ils occupent, dès à présent, plus de 200 ouvriers.

Les travaux, tant de recherches que d'exploitation, ont lieu actuellement : dans la plaine de l'Escaut, à la rive droite de ce fleuve, dans les communes d'Eeckeren, de Capellen, de Hoevenen, de Stabroeck et de Brasschaet; dans la vallée de

la petite Nèthe, dans les communes de Grobbendonck, de Vorsselaer, de Herenthals; dans la vallée de la grosse Nèthe, dans les communes de Herenthout et de Werstmeerbeck. Le minerai est encore connu dans d'autres communes des vallées que je viens de nommer : son existence a été constatée également dans la vallée de la Wimp.

J'ai donné, dans mon mémoire du 16 décembre 1845, la description géologique de la formation supra-marine; il est inutile d'en parler de nouveau, et je puis aborder directement la description des minerais.

Dans les parties fertiles de la Campine, c'est-à-dire dans celles qui avoisinent les cours d'eau, ils se trouvent immédiatement sous la terre végétale; dans les bruyères, on les rencontre sous la petite épaisseur de sable représentant cette terre végétale qui n'est pas encore formée, faute d'engrais apportés, soit par la main de l'homme, soit par l'eau. C'est donc à une profondeur qui varie de 0^{m}10 à 0^{m}50 qu'on le rencontre, reposant, soit sur un lit de sable de diverses couleurs, soit sur un mélange de sable et de limon formant une deuxième assise de terre végétale.

Ils constituent des bancs horizontaux continus et cohérents (j'emploie ces deux mots par opposition au mot fragmentaire, par lequel on qualifie certains gîtes ferrifères composés de morceaux aglutinés par de l'argile), d'une puissance de 0^{m}20 à 1^{m}. Ceux qui avoisinent l'Escaut semblent avoir, dans une direction perpendiculaire au cours de ce fleuve, une longueur considérable, interrompue quelquefois par des solutions de continuité ou par des diminutions très-notables de puissance. Leur largeur est moins considérable et ne paraît pas dépasser 100^{m}. Ils sont quelquefois assez rapprochés les uns des autres, d'autres fois séparés par de grandes distances. Sur ces gîtes principaux viennent s'embrancher, dans une direction plus ou moins perpendiculaire, d'autres gîtes de moindres dimensions.

Il est impossible de comparer cette manière d'être des

gites avec l'état de l'Escaut et de ses rives, dans des temps très-reculés, mais historiques (XIe siècle : voir la carte n° 2 jointe au mémoire de M. l'ingénieur en chef des ponts et chaussées Kümmer, *Annales des Travaux Publics*, *t.* 2), sans être frappé de l'analogie de position et de disposition des gites ferrifères d'aujourd'hui avec les criques remplies d'eau de l'Escaut d'alors.

On ne peut, d'après cela, se refuser à admettre que les gites sont le résultat, par dépôt, des débordements, soit exceptionnels, soit périodiques et journaliers, de l'Escaut, antérieurs à l'époque de l'endiguement de ce fleuve et de la création des polders.

On pourrait objecter contre cette opinion les interruptions dans le sens de la longueur; mais il y a lieu de croire que ces interruptions ne sont pas complètes, et qu'elles ne sont qu'un appauvrissement et une diminution de puissance des bancs qui, les rendant inexploitables, font dire aux ouvriers qu'ils ont complétement disparu.

On doit, en conséquence, admettre, contrairement à l'opinion des exploitants et des ouvriers, que les minerais se continuent jusqu'à la rive actuelle de l'Escaut, en passant sous les polders, aux digues intérieures desquels les travaux de recherche s'arrêtent actuellement, par suite de l'insuccès de quelques explorations insuffisantes tentées au delà de ces digues.

L'insuccès de ces recherches est cependant facile à comprendre. Le *maximum* de la profondeur à laquelle elles ont été poussées est de 1^m (c'est la longueur de la sonde employée); or, on sait que le sol des polders est aujourd'hui plus élevé que le sol naturel qui n'était pas immergé par les crues de l'eau et qui est situé en arrière des digues ; en outre, les polders sont d'autant plus élevés qu'ils sont plus rapprochés du lit du fleuve, de sorte qu'en partant de ce lit le sol représente une espèce d'immense escalier, dont chaque polder serait une marche, descendant vers l'intérieur des ter-

res ([1]). On comprend donc que les recherches pour réussir dans les polders devraient être poussées à une profondeur plus grande que celle qu'on leur a donnée jusqu'à présent.

Les bancs qui se trouvent dans les vallées des deux Nèthes offrent une analogie complète avec ceux de la plaine de l'Escaut. On les suit dans la vallée de la petite Nèthe depuis les bords de la rivière, sur une longueur moyenne de 1000^m, jusqu'au pied d'espèces de petites dunes de sable qui marquent la limite de la vallée.

La vallée de la grosse Nèthe, bornée de la même manière, est beaucoup plus large, et il paraît que l'on a suivi des bandes de minerai sur des lignes perpendiculaires à la rivière et longues de 2,500 à 3,000^m.

Un fait qui démontre la formation récente et encore actuelle des minerais de la Campine, est le suivant. Dans les communes de Herenthout et de Wickevorst, il existe des marais dans lesquels, sous une couche de minerai de quelques centimètres d'épaisseur, on rencontre des bancs de tourbe renfermant çà et là des noisettes et des débris d'ustensiles, tels que cuillers, fourchettes, etc.

Le minerai qui constitue ces bancs est la variété de l'hydrate de peroxyde de fer ou limonite qui porte les noms de Moraster, Sumpferz, Wiesenerz, ou fer oxydé des lacs, des

([1]) Cette forme du sol résulte du mode même de formation des polders : en effet, on n'endigue les schorres (laisses de mer) que quand la mer, à force d'y déposer des sables et du limon en a exhaussé le sol au point qu'il ne soit plus, même à marée haute, couvert que d'une très-mince lame d'eau. Cette disposition des polders fait que les eaux qui s'y amassent tendent à s'écouler, non vers la mer, mais vers l'intérieur des terres. D'un autre côté, il existe dans le sol en arrière des polders une déclivité naturelle en sens contraire et qui tend à porter les eaux vers la mer. Ces deux courants tendent à se rencontrer vers la première digue intérieure où il se formerait de grands espaces inondés si, souvent à grands frais, on ne leur ménageait un écoulement. Pour exemple de ce fait, je citerai le canal actuellement en construction dans les Flandres, de Zelzaete à la mer, et dont le but est de se débarrasser du double courant dont je viens de parler.

marais, des prairies. Lorsqu'on vient de l'extraire, la couleur est brun-noirâtre ou brun-rougeâtre ; par l'exposition à l'air, les plans supérieurs et inférieurs, parallèles au toit et au mur dans les divers fragments, prennent aisément la couleur de l'ocre jaune, qui n'apparaît que difficilement et même pas du tout dans les cassures perpendiculaires ou obliques à ces plans. Quelquefois il est presque entièrement compacte ; d'autres fois, il est composé de petites couches d'une épaisseur de moins d'un millimètre, adhérentes les unes aux autres ; d'autres fois enfin, il offre un aspect mamelonné. Ce sont les variétés les plus exemptes de matières étrangères et celles qui, par conséquent, doivent être préférées. Enfin on le trouve encore cloisonné et contenant, dans ses cavités, du sable et de la tourbe qui en altèrent la qualité. — Quelques parties contiennent évidemment beaucoup de manganèse oxydé (ferme de Rystraet, commune de Stabroeck); parfois le mélange de sable, de limon et de limonite sur lequel repose le banc, est imprégné d'une grande quantité de phosphate de fer, qui est jaunâtre ou brun-jaunâtre au moment de l'extraction (phosphate de protoxyde), et qui, après quelques heures d'exposition à l'air, prend la couleur bleue (phosphate de peroxyde) (ferme de S'hertogendyk, commune d'Eeckeren). Dans l'interêt de la qualité du minerai, il est donc essentiel que les ouvriers, lors de l'exploitation, n'entament pas ce banc qui sert de mur au gîte.

Il est à propos de faire observer que jusqu'ici la qualité du minerai semble être en raison directe de la qualité du sol qui le recouvre. Ce fait s'observe surtout dans la vallée de l'Escaut. Les minerais qui s'y trouvent sous les terres grasses, dites hautes terres, formant la transition entre les excellents terrains des polders et les terrains stériles, sont plus compactes, plus denses et en bancs plus réguliers et plus puissants, que ceux que l'on rencontre sous les bruyères où ils sont plus siliceux, plus mélangés de matières étrangères,

plus caverneux, plus secs suivant l'expression des ouvriers.

Les bancs ne s'étendant pas sous toute la surface du sol, il est essentiel d'avoir des indices qui fassent connaître les points où l'on peut les chercher avec probabilité de succès. Ces indices sont en petit nombre, mais assez sûrs. Le plus caractéristique consiste dans la couleur de la terre. Celle des champs qui renferment du minerai se rapproche de la teinte de celui-ci, tandis que les terres qui n'en recouvrent point sont plus noires ou plus grises. — La couleur des eaux fournit un indice peut-être meilleur encore. Le pays est coupé de nombreuses rigoles d'écoulement qui le sillonnent dans tous les sens. Lorsque l'eau y est limpide, c'est un signe d'absence de minerai ; lorsqu'au contraire elle a une couleur jaune, qu'elle est recouverte d'une pellicule d'un aspect gras et lorsqu'elle laisse sur le fond des rigoles un dépôt d'ocre jaune, c'est un signe certain de la présence du minerai dans les environs. — Après les grandes pluies ou les grandes sécheresses, on peut aussi tirer des signes d'une certaine valeur de l'aspect des petits végétaux, tels que les plantes légumineuses ou les grains qui croissent sur le sol que l'on examine. Les bancs de limonite sont imperméables à l'eau ; il en résulte que, dans le premier cas, ce liquide ne pouvant descendre dans les parties inférieures du sol, noie les racines des plantes ; dans le second cas, les racines ne pouvant pomper l'humidité du sol sous-jacent au banc, la plante manque de nourriture ; dans les deux cas, elle offre une teinte jaune et un aspect flétri.

On peut enfin tirer une règle, pour se guider dans les recherches, de cette circonstance, qu'il y a du minerai sous presque toutes les habitations ; ce fait, que les directeurs des travaux m'ont donné comme constant, peut très-bien s'expliquer, si l'on considère qu'en général le sol de la Campine offre peu de consistance ; or, la présence du minerai, qui forme un vaste plancher, analogue à ceux que l'on est parfois dans l'usage

d'établir sur pilotis pour assurer les grandes constructions, donne au sol cette qualité qui lui manque. Les habitants ont donc naturellement choisi, pour bâtir leurs demeures, les localités qui présentaient les conditions nécessaires pour assurer leur stabilité.

Du reste, la recherche se fait, grâce au gisement du minerai, d'une manière si simple et si peu coûteuse, que les règles que je viens de donner n'ont d'autre mérite que d'abréger le temps à consacrer à cette opération. Elle a lieu à l'aide d'une sonde en fer, de la longueur d'une canne ordinaire et assez semblable à celle dont sont munis, aux portes de nos villes, les commis de l'octroi. Cet instrument terminé, même par un bout peu aigu, traverse sans la moindre difficulté les 20 ou 30 centimètres de terre ou de sable qui recouvrent le gîte. La résistance que l'on éprouve, s'il rencontre le minerai, avertit de la présence de celui-ci, et l'on peut la constater sans réplique en enlevant avec une bêche, ou en écartant avec le pied, le faible obstacle qui vous en sépare: on voit que de cette façon un homme peut dans sa journée explorer une grande surface de terrain.

Si les recherches sont fort simples, on doit prévoir que l'exploitation ne l'est guère moins. Il suffit, pour faire le travail, d'être muni d'une bêche pour ouvrir la terre jusque sur le banc ; d'un double pic, tranchant d'un côté, pointu de l'autre; de coins en fer, et d'un gros maillet en bois pour désagréger et fendre le banc, et pour remuer les morceaux détachés; de mannes en osier pour transporter le minerai dans un premier lieu de dépôt, à portée de la tranchée d'exploitation, et d'écoupes en bois, semblables à celles dont on se sert dans les bateaux, pour rejeter l'eau que l'on rencontre quelquefois avant d'avoir atteint le mur du banc; car, dans ce pays, une nappe liquide continue existe à une profondeur de 1 à 3^m.

Je ne fais aucun doute que le tirage à la poudre, à l'aide de petites cartouches, n'offre, dans certains cas, de grands

avantages sur la méthode actuelle pour désagréger le banc de minerai.

L'exploitation a lieu de la même manière que le bêchage d'un champ. On commence par ouvrir une tranchée d'une longueur indéterminée, réglée quelquefois par la largeur du banc, et d'une largeur de quelques mètres (2 à 3), en rejetant derrière soi la terre enlevée. Quand le minerai sous-jacent a été exploité, on ouvre une seconde tranchée contiguë à la première; on remplit celle-ci avec les parties stériles, menues ou mauvaises, sur lesquelles on place la terre provenant de la seconde tranchée, et l'on procède ainsi jusqu'à l'extrémité du champ ou du gîte, que l'on enlève complétement, en même temps que l'on fait disparaître toute trace de l'exploitation antérieure, par le comblement des tranchées sous lesquelles le gîte est épuisé.

Un premier triage a eu lieu à la main lors de l'exploitation, puisque nous avons dit que les vieilles tranchées se comblaient en partie avec les morceaux menus, pauvres, stériles ou de mauvaise qualité. On en opère un second lorsque le minerai, après avoir été transporté à l'aide de charrettes légères à un cheval, depuis le champ d'exploitation jusqu'à un lieu de dépôt général, est sur le point, soit d'être embarqué définitivement, soit d'être rechargé dans d'autres véhicules pour être conduit au lieu d'embarquement.

Les cahots qui ont eu lieu pendant le transport ont détaché les plus gros fragments de matières stériles qui salissaient encore le minerai, et les ont réduits en petits fragments siliceux.

Les pluies qui tombent pendant que le minerai reste dans le lieu de dépôt, achèvent de le purifier, et, lorsqu'il s'agit de l'embarquer ou de l'expédier au lieu d'embarquement, on n'a plus qu'à charger les morceaux gros et moyens, suffisamment dégagés de toutes gangues par les cahots et les averses, et qu'à faire un second et dernier triage des petits morceaux, à l'aide d'un râteau à dents en fer.

On comprend qu'une exploitation faite dans de semblables conditions, doit être extrêmement économique. En effet, lorsque le banc, comme c'est l'ordinaire, offre assez de régularité et de puissance pour que l'on puisse faire travailler l'ouvrier à la tâche, on lui paye de 0f80 à 1f20 par mètre cube, pesant environ 1,500 kilog., soit 0f66 par tonneau; quand l'ouvrier travaille à la journée, il est payé à raison 1f10 (12 sous) par journée de 9 à 10 heures.

Les arrangements à prendre avec les propriétaires de la surface étaient, au début, fort simples; nous avons vu que la présence du banc de minerai sous le sol nuit aux petits végétaux; elle ne nuit pas moins à la croissance des arbres, dont les racines ne tardent pas à rencontrer la couche qui oppose un obstacle à leur libre développement. Les propriétaires allaient donc quelquefois jusqu'à entrer pour moitié dans les frais nécessités par l'enlèvement du minerai; plus tard, ils se contentèrent de permettre cet enlèvement gratis.

Aujourd'hui, connaissant mieux l'importance de l'affaire, ils exigent une indemnité, qui va de 1 à 2 francs par petite verge de 750 à l'hectare (1).

Après avoir traité de la manière d'être du minerai, de la nature de sa recherche et de son exploitation, il est un point essentiel à examiner, c'est son prix de revient, dont je vais donner la détermination, tant sur place que rendu dans les diverses localités où il peut être employé aujourd'hui.

(1) Les mesures locales sont :
Le bonnier = 3 arpents ;
L'arpent = 300 verges ;
2 1/2 arpents = 1 hectare ;
1 hectare = donc 750 verges.

(A) Prix de revient d'un tonneau de minerai de Cappellen, de Hoevenen, d'Eeckeren, de Stabroeck, mis en bateau sur l'Escaut.

Exploitation d'un tonneau : à la tâche, on donne aux ouvriers 0 fr. 80 à 1 fr. 20, soit 1 fr. par mètre cube, pesant en moyenne 1,500 kilogrammes. Ce prix représente par tonneau	0,66	
Redevance au propriétaire et nivellement du sol après l'exploitation, de 1 à 2 fr. par verge de 750 à l'hectare, soit 1 fr. 50. Cela représente 1,125 fr. à l'hectare. Supposant que le banc ait en moyenne $0^{m}50$, l'hectare produira $5,000^{m3}$ ou 7,500 tonneaux, soit pour un tonneau.	0,17	
Triage et perte	0,20	
Exploitation, redevance, triage et perte. . .	1,03	1,03
Transport du lieu de l'exploitation au lieu de dépôt provisoire (la journée d'un conducteur et d'un cheval attelé à une charrette, chargeant au plus 750 kilog., coûte, en hiver, 3 fr. 20, et, en été, 3 fr. 65 : elle est respectivement de 8 et de 10 heures de travail effectif : en moyenne nous aurons 3 fr. 42 pour 9 heures de travail. Admettant qu'un voyage avec retour, chargement et déchargement, exige $1\ ^{1}/_{2}$ heures, nous aurons six voyages par journée, soit 4,500 kilog. transportés pour le prix de 3 fr. 42, soit par tonneau. . .	0,76	
De la route au fort Lacroix (pendant l'été quand les chemins de terre des polders sont praticables) par voiture à 1 collier, ou à Anvers par voiture à 4 colliers : moyenne	2,26	
Mise en bateau.	0,35	
Total du prix de transport d'un tonneau. . .	3,37	3,37
Total du prix d'exploitation, de transport et d'embarquement.		4,40

(**B**) Prix de revient d'un tonneau de minerai de Brasschaet, embarqué sur l'Escaut.

Exploitation, redevance, triage et perte (**A**). . .		1,05
Transport du lieu de l'exploitation au lieu de dépôt provisoire	0,76	
De Brasschaet à Anvers	3,00	
Mise en bateau.	0,35	
	4,11	4,11
Total.		5,14

(**C**) Prix d'un tonneau de minerai de Herenthals mis définitivement en bateau sur les deux Nèthes réunies, à Lierre (transport de Herenthals à Lierre par la petite Nèthe, dans son état actuel).

Exploitation, redevance, triage et perte (**A**). .		1,05
Transport du lieu d'exploitation au canal de la petite Nèthe, ou au canal de la Campine	0,70	
Mise en bateau { Le transport précédent a souvent lieu par brouettes, qui sont déchargées dans le bateau; dans ce cas, les frais de la mise en bateau doivent être décomptés	0,35	
Transport et embarquement provisoire. . .	1,05	1,05
Le coût du fret d'un tonneau entre Herenthals et Lierre, dans des bateaux de 40 tonneaux, par la Nèthe canalisée, dans son état actuel, en temps de bonnes eaux, est de	0,76	
Transbordement à Lierre des bateaux de 40 tonneaux, avec lesquels on navigue actuellement sur la petite Nèthe, dans les bateaux de 60 à 65 tonneaux, avec lesquels on navigue sur le canal de Charleroy.	0,30	
	2,11	2,11
Total. . . .		4,19

N. B. Peut-être aurait-on une économie en faisant remonter jusqu'à Herenthals les bateaux de 60 tonneaux, sauf à n'en charger que 40 pour redescendre jusqu'à Lierre, où on complèterait le chargement. On éviterait ainsi le transbordement des 40 tonneaux chargés directement.

(D) Prix du tonneau de minerai de Herenthout embarqué définitivement sur les deux Nèthes réunies, à Lierre (transport de Herenthout à Lierre par la grosse Nèthe).

Exploitation, redevance, triage, perte (A) . . .		1,05
Transport du lieu d'exploitation au rivage de la grosse Nèthe.	0,70	
Mise en bateau (même observation que ci-dessus)	0,35	
Transport du hameau de Herlaer (commune de Herenthout) à Lierre, par la grande Nèthe. Il n'y a pas de droit de navigation sur cette rivière ; souvent elle n'est pas navigable à cause du manque d'eau ; actuellement on peut naviguer avec une charge de 16 tonneaux. Les bateliers demandent 1 fr. par tonneau de Herlaer à Lierre	1,00	
Transbordement à Lierre des bateaux de 16 tonneaux dans de plus grands	0,30	
	2,35	2,35
Total. . .		3,38

(E) Prix du tonneau de minerai de Westmeerbeek embarqué définitivement sur les deux Nèthes réunies, à Lierre (transport de Westmeerbeek à Lierre par la grosse Nèthe).

Exploitation, redevance, triage et perte (A) . .		1,05
Transport du lieu d'exploitation au rivage de la grosse Nèthe	0,70	
Mise en bateau (même observation que ci-dessus)	0,35	
Transport de Westmeerbeek à Lierre par la grosse Nèthe (même observation que ci-dessus). On ne peut actuellement remonter jusqu'à Westmeerbeek qu'avec des bateaux de six tonneaux. Les bateliers demandent par tonneau 1 fr. 50 de Westmeerbeek à Lierre.	1,50	
Transbordement à Lierre des bateaux de 6 tonneaux dans de plus grands	0,30	
	2,85	2,85
Total. . .		3,88

(F) Prix de revient d'un tonneau de minerai de Cappellen, etc., barqué à Anvers et rendu à Liége par le canal de la Campine, canal de Bois-le-Buc et la Meuse actuelle.

Exploitation, redevance, triage, perte, transport, barquement (A)		4,40
Transport d'Anvers par le canal de la Campine qu'à l'origine de ce canal, à Bocholt. Longueur ,477m. Le fret par tonneau et par lieue de 000m, non compris les droits de navigation, est 0,087; pour les 88,477m il s'élèvera à	1,54	
Les droits de navigation par tonneau et par lieue 5,000m s'élèvent à 0f10; pour 88,477m il lèvera à	1,77	
	3,31	3,31
		7,71
Transport de Bocholt à Maestricht par le canal Maestricht à Bois-le-Duc (Zuid-Willems-Vaert), gueur 43,094m. Le fret par tonneau et par lieue de 5,000m, y npris les droits de navigation, est de 0f118; pour 43,094m il s'élèvera à	1,02	1,02
	4,33	8,73
Transport de Maestricht à Liége par la Meuse, navigation étant dans la situation actuelle : longueur 30,000m. Le fret entre Maestricht et Liége lieue de 5,000m et par tonneau, est de 0f40; pour parcours des 30,000m, on payera 1 par tonneau	2,40	2,40
	6,73	
Total. . .		11,13

(G) Prix de revient d'un tonneau de minerai de Cappellen, em-rqué à Anvers et rendu à Liége par le canal de la Campine, canal de Bois-le-Duc à Maestricht et le canal latéral à la use.

Exploitation, redevance, triage, perte, transport à Anvers,

embarquement, transport à Maestricht (A et F). .		8,73
Transport de Maestricht à Liége par le canal latéral. Longueur 25,000m; le fret, par tonneau et par lieue, non compris les droits de navigation, s'élèvera, comme pour le canal de Maestricht à Bois-le-Duc, à 0f87, soit pour les 25,000m à. .	0,43	
Les droits de navigation s'élèveront, par tonneau et par lieue, à 0 fr. 12, soit pour les 25,000m à. .	0,60	
	1,03	1,03
Total. . .		9,76

(H) Prix de revient d'un tonneau de minerai de Herenthals, rendu à Liége par le canal de la Campine, celui de Bois-le-Duc à Maestricht et la Meuse actuelle.

Exploitation, redevance, triage, perte, transport et embarquement sur le canal de la Campine (C)		2,08
Transport sur le canal de la Campine, de Herenthals à Bocholt.	2,11	
Transport sur le canal de Bois-le-Duc, de Bocholt à Maestricht (F).	1,02	
	3,13	3,13
		5,21
Transport sur la Meuse actuelle de Maestricht à Liége (F)	2,40	2,40
	5,53	
Total. . .		7,61

(I) Prix de revient d'un tonneau de minerai, de Herenthals à Liége par le canal de la Campine, celui de Bois-le-Duc à Maestricht et celui de Maestricht à Liége.

Exploitation, redevance, triage, perte, transport, embarquement sur le canal de la Campine et transport jusqu'à Mastricht (H)	5,21
Transport de Maestricht à Liége sur le canal latéral à la Meuse (G)	1,03
Total. . .	6,24

(K) Prix de revient d'un tonneau de minerai de Herlaer (commune de Herenthout), rendu à Liége par la grosse et la petite Nèthe, dans leur état actuel, le canal de la Campine, celui de Bois-le-Duc à Maestricht et la Meuse actuelle.

Exploitation, redevance, triage, perte, transport au rivage, embarquement, transport jusqu'à Lierre, transbordement à Lierre dans des bateaux de 40 tonneaux (D)	3,38
Coût du fret d'un tonneau de Lierre à Herenthals (C)	1,76
Transbordement à Herenthals	0,30
	5,44
De Herenthals à Liége par les canaux de la Campine, de Bois-le-Duc et la Meuse (H)	5,53
Total. . .	10,97

(L) Prix de revient d'un tonneau de minerai de Herlaer (commune de Herenthout), rendu à Liége par la grosse et la petite Nèthe, dans leur état actuel, le canal de Campine, celui de Bois-le-Duc à Maestricht et celui de Maestricht à Liége.

Exploitation, redevance, triage, perte, transport, embarquement, transport à Lierre, transbordement, transport à Herenthals, transbordement (K)	5,44
De Herenthals à Liége par le canal de la Campine, celui de Bois-le-Duc à Maestricht et celui de Maestricht à Liége (H et I)	4,16
Total. . .	9,60

(M) Prix de revient d'un tonneau de minerai de Westmeerbeck, rendu à Liége par la grosse et la petite Nèthe, dans leur état actuel, le canal de la Campine, celui de Bois-le-Duc à Maestricht et la Meuse actuelle.

Nous l'obtiendrons en ajoutant au prix trouvé dans l'article (K)	10,97
la différence entre les frets de Westmeerbeck à Lierre et de Herlaer (Herenthout) à Lierre (D et E)	0,50
Total. . .	11,47

(**N**) Prix de revient d'un tonneau de minerai de Westmeerbeck, rendu à Liége par la grosse et la petite Nèthe, dans l'état actuel, le canal de Campine, celui de Bois-le-Duc à Maestricht et celui de Maestricht à Liége.

Nous l'obtiendrons en ajoutant au prix trouvé à l'article (**L**)	9,60
la différence entre les frets de Westmeerbeck à Lierre et de Herlaer (Herenthout) à Lierre (**E** et **D**)	0,50
Total. . .	10,10

(**O**) Fret de Lierre à Herenthals, après l'exécution des travaux d'amélioration projetés à la navigation de la petite Nèthe canalisée.

Longueur du parcours 23,450^m. En adoptant le prix du fret du canal de Maestricht à Bois-le-Duc, ce prix sera, par tonneau et par lieue de 5,000^m.	0,087	
En admettant que les péages soient fixés sur le dit canal comme sur celui de la Campine pour les marchandises diverses, c'est-à-dire, par tonneau et par lieue, à	0,100	
	0,187	
on aura pour les 23,450^m un coût total par tonneau, de.		0,87
Le fret actuel est de (**C**)		1,76
Différence. . .		0,89

Différence qu'il faudra soustraire du total des articles **C**, **K**, **L**, **M**, **N**, lorsque les améliorations seront exécutées.

(**P**) Prix de revient d'un tonneau de minerai de Cappellen, Hoevenen, Eeckeren, Stabroeck, rendu à Charleroy.

Le tonneau de minerai des localités susdites, embarqué à Anvers, vaut (**A**)	4,40
Le transport d'un tonneau de marchandise d'Anvers à Charleroy, par l'Escaut, le Rupel, le canal de Bruxelles et celui de Charleroy est coté à . .	6,50
Total. . .	10,90

(**Q**) Prix de revient d'un tonneau de minerai de Herenthals rendu à Charleroy : 1° par la petite Nèthe améliorée ; 2° par la petite Nèthe dans son état actuel.

Un tonneau de minerai de Herenthals embarqué sur la petite Nèthe, vaut (**C**).	2,08
Transport de Herenthals à Lierre, par la petite Nèthe améliorée.	0,87
Transport de Lierre à Bruxelles.	1,80
— — Bruxelles à Charleroy.	5,00
Total. . .	9,75
Par la petite Nèthe dans son état actuel, il faudrait ajouter (**O**)	0,89
Plus un transbordement à Lierre.	0,30
Total. . .	10,94

(**R**) Prix de revient d'un tonneau de minerai de Herenthout, rendu à Charleroy.

Un tonneau de minerai de Herenthout embarqué définitivement à Lierre, vaut (**D**).	3,38
Transport d'un tonneau de Lierre à Bruxelles	1,80
— — — Bruxelles à Charleroy	5,00
Total. . . .	10,18

Je dois faire observer, pour l'intelligence des tableaux qui précèdent et des raisonnements auxquels ils donnent lieu, que le canal de la Campine comprend 3 sections : la 1re de Bocholt à la Pierre bleue est achevée et livrée à la navigation : 2° de la Pierre bleue à Herenthals, presque achevée, sera navigable au mois d'octobre prochain ; la 3e enfin, de Herenthals à Anvers, n'est encore qu'en projet.

Trois tracés sont proposés pour son exécution :

Par le projet n° 1, le canal, à partir de Herenthals, se dirige directement sur Anvers, après avoir utilisé les 6e, 5e et 4e biefs de la petite Nèthe canalisée : il débouche à l'Escaut au Kattendyk, immédiatement à l'aval d'Anvers ;

Par le projet n° 2, le canal, à partir de Herenthals, se dirige comme le précédent sur Anvers, mais sans utiliser aucun des biefs de la Nèthe canalisée, et prend également fin au Kattendyk ;

Enfin par le projet n° 3, la navigation de la petite Nèthe canalisée se trouve complétement comprise dans le tracé qui prend fin à Lierre ; la jonction avec Anvers se fait ensuite par les deux Nèthes réunies, le Rupel et l'Escaut.

Il ne paraît pas douteux que, selon le vœu de l'ingénieur auteur des projets, la préférence ne soit donnée au projet n° 2, le seul qui satisfasse complétement aux conditions d'utilité que doit offrir la nouvelle communication. C'est dans cette supposition que les prix d'Anvers à Liége sont établis ci-dessus. J'ai semblé admettre aussi que le canal fût achevé, ce qui n'est point ; car, ainsi que je l'ai dit tantôt, la 2e section ne sera livrée à la navigation que vers la fin de la présente année, et la troisième, au plus tôt vers la fin de l'année prochaine. Ce ne sera donc, en réalité, qu'après l'ouverture de ces deux sections que l'on pourra transporter à Liége, d'abord les minerais des vallées des deux Nèthes, et ensuite celui de la plaine de l'Escaut, transport dont le prix sera diminué par l'ouverture du canal latéral à la Meuse, entre Maestricht et Liége, auquel on travaille en ce moment.

Résumant les prix de revient qui précèdent, nous verrons que :

Un tonneau rendu de Cappellen, etc., à Liége, par la Meuse actuelle, vaut.	11,15
Un tonneau rendu de Cappellen, etc., à Liége, par le canal latéral à la Meuse	9,76
Un tonneau rendu de Cappellen, etc., à Charleroy. . .	10,90
Un tonneau rendu de Herenthals à Liége, par la Meuse actuelle, vaut	7,61
Un tonneau rendu de Herenthals à Liége, par le canal latéral à la Meuse.	6,24
Un tonneau rendu de Herenthals à Charleroy, par la	

Nèthe actuelle	10,94
Un tonneau rendu de Herenthals à Charleroy, par la Nèthe améliorée	9,75
Un tonneau rendu de Herenthout à Liége, par la Nèthe et la Meuse actuelle.	10,97
Un tonneau rendu de Herenthout à Liége, par la Nèthe et la Meuse améliorées.	8,71
Un tonneau rendu de Herenthout à Charleroy.	10,18

Ce résumé montre : 1° que quand les minerais de la Campine pourront être transportés à Liége, c'est-à-dire, lorsque le canal de la Campine et le canal latéral à la Meuse seront terminés, ils y arriveront à des prix de beaucoup inférieurs à ceux auxquels ils peuvent être fournis à Charleroy ; 2° que c'est sur la petite Nèthe surtout que Liége pourra s'approvisionner à bon marché, et que, à qualités égales, elle ne prendra que le minerai de cette vallée, en négligeant celui de la grosse Nèthe et de l'Escaut ; 3° que Charleroy aura aussi un petit avantage à prendre ses minerais sur la petite Nèthe ; mais il est probable que, si Liége et Charleroy s'adressaient simultanément à ce marché, il s'y produirait une hausse, dont le résultat serait d'en interdire l'accès à Charleroy. Il serait donc préférable, dans l'intérêt bien entendu des deux centres de production du fer en Belgique, que Charleroy s'approvisionnât exclusivement sur l'Escaut et sur la grosse Nèthe.

Je dois faire observer que, quelque bas que puissent paraître mes prix de revient, ils sont d'accord avec ceux donnés par l'expérience. C'est ainsi, par exemple, que le prix de revient du tonneau, aux usines de Couillet et de Châtelineau, est évalué par M. Devylder, principal exploitant dans la Campine, à 10f50, tandis que, de mon côté, je trouve, pour prix de revient des diverses provenances à Charleroy, 10f90, 10f94, 10f18 ; soit, en moyenne, 10f67.

Pour que l'on puisse appliquer à d'autres localités de la Belgique, notamment à Namur et à Pommerœul, des calculs

analogues à ceux que je viens d'établir, je crois devoir consigner ici le tableau suivant, dont je dois la communication à l'obligeance d'un ingénieur des ponts et chaussées.

TABLEAU COMPARATIF des distances et du fret entre les localités ci-dessous désignées, par les voies existantes et par celles projetées.

LIEUX DE DÉPART ET D'ARRIVÉE.	VOIES EXISTANTES ET PROJETÉES.		DISTANCES EN MÈTRES
De Herenthals à Anvers.	1° Par le projet n° 2 se dirigeant directement sur Anvers		52,04
	2° Par Lierre, en suivant la petite Nèthe améliorée, selon le projet n° 3.		67,00
	3° Par Lierre, en suivant la petite Nèthe canalisée, dans l'état actuel de sa navigation		68,10
De Liége à Anvers.	Par le canal latéral à la Meuse entre Liége et Maestricht, le canal de Bois-le-Duc, celui de la Campine jusqu'à Herenthals	1° et par le projet n° 2 se dirigeant directement sur Anvers	156,57
		2° et par la petite Nèthe améliorée suivant le projet n° 3	191,56
		3° et par la petite Nèthe canalisée dans l'état actuel de sa navigation . . .	192,66
	Par la Meuse entre Liége et Maestricht, le canal de Bois-le-Duc, celui de la Campine jusqu'à Herenthals	1° et par le projet n° 2 se dirigeant directement sur Anvers.	161,57
		2° et par la petite Nèthe améliorée suivant le projet n° 3	196,56
		3° et par la petite Nèthe canalisée dans l'état actuel de sa navigation . . .	197,66
	Par le chemin de fer de l'État.		116,29

UX PART VÉE.	VOIES EXISTANTES ET PROJETÉES.	DISTANCES en MÈTRES.	FRET par TONNEAU.
leroy rs.	1° Par le canal de Charleroy à Bruxelles, celui de Bruxelles à Willebroeck, le Rupel et l'Escaut	130,139	6,500
	2° Par le chemin de fer de l'État	123,000	11.007
napes ers.	Par le canal de Mons à Condé, celui d'Antoing et l'Escaut	252,000	6,500
rnay rs.	Par l'Escaut (chaux et pierres de taille)	205,000	5,450
Anvers.	1° Par le canal de la Sambre, celui de Charleroy à Bruxelles, etc., etc	175,000	14,750
	2° Par le chemin de fer de l'État.	139,000	14,310
	3° Par le chemin de fer projeté de Jemeppe sur Sambre à Louvain (remplacé aujourd'hui par un projet de Louvain à Namur directement)	120,000	10,080
;e à ıals.	1° Par le canal latéral à la Meuse entre Liége et Maestricht, le canal de Bois le-Duc et celui de la Campine	124,367	4,164
	2° Par la Meuse entre Liége et Maestricht, le canal de Bois-le-Duc et celui de la Campine	129,367	5,329
leroy thals.	1° Par la petite Nèthe améliorée suivant le projet n° 3 .	141,109	7.677
	2° Par la petite Nèthe canalisée, dans son état actuel. .	142,210	8,560
Lierre.	Par le canal latéral à la Meuse, le canal de Bois-le-Duc et celui de la Campine . . . et par la petite Nèthe améliorée suivant le projet n° 3	148,017	5,041
	Par le canal latéral à la Meuse, le canal de Bois-le-Duc et celui de la Campine . . . et par la petite Nèthe canalisée, dans l'état actuel de sa navigation . . .	149,118	5,924
	Par la Meuse, le canal de Bois-le-Duc et celui de la Campine . . . . et par la petite Nèthe améliorée suivant le projet n° 3	153,017	6,406
	Par la Meuse, le canal de Bois-le-Duc et celui de la Campine . . . . et par la petite Nèthe canalisée, dans l'état actuel de sa navigation . . .	154,118	7,289
eroy à re.	Par le canal de Charleroy à Bruxelles, celui de Bruxelles à Willebroeck, le Rupel et la Nèthe inférieure.	117,659	6,800

Après ce qui précède, il ne me reste plus, pour faire connaître et apprécier complétement les minerais de fer qui recouvrent l'étage supérieur des terrains tertiaires de la

Campine, qu'à d'écrire leur composition. Le temps m'a manqué jusqu'ici pour en faire des analyses. C'est une lacune que je m'empresserai de combler dès que j'en aurai le loisir ; mais j'ai procédé à des essais docimastiques que je vais présenter ci-après. Ces essais, peut-être plus concluants pour des industriels que ne le seraient des analyses complètes, montrent que l'on peut obtenir de ce minerai un rendement considérable en fonte de bonne qualité. — Voici les résultats des essais dont il s'agit ; ils font suite à ceux que renferme mon premier travail sur les minerais de la Campine.

Minerai n° 3. — Essai n° 17.

Perdant à la calcination 0,131 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,092 de matières insolubles.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné . . .			8g490
J'ai ajouté, pour obtenir en quantité convenable un silicate de la formule $(6\dot{C}a, \ddot{Al})\dddot{Si}^{6}$	Silice	2,400	5,211
	Carbonate de chaux =3,838, soit en chaux	2,161	
	Alumine calcinée . .	0,650	
	Total des matières fixes. . .		13,701
J'ai obtenu	fonte. 5,150	11,288	
	scorie 6,138		
Oxygène calculé pour former du peroxyde.		2,310	
		13,598	13,598
	Perte. . .		0,103

Fondant ajouté.	5,211
Matières vitrifiables du minerai	0,927
Matières insolubles dans l'eau régale	0,920
Matières solubles dans l'eau régale	0,007

Fonte blanche, à grains presque imperceptibles, très-ré-

sistante au choc du marteau, mais se laissant briser sans s'aplatir; attaquable à la lime.

Scorie opaque, noire, grise et blanchâtre, sur une épaisseur extérieure de 0m002 : criblée de grenailles; à l'intérieur, vert bouteille, transparente ou translucide.

Minerai n° 6. — Essai n° 18.

Perdant à la calcination 0,156 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,084 de matières insolubles.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. . .			8,440
J'ai ajouté, pour obtenir une scorie de la formule $(6\dot{C}a, \ddot{\ddot{A}}l)\dddot{S}i^{6}$,	Alumine calcinée . .	0,155	0,672
	Carbonate de chaux =0,919, soit en chaux	0,517	
Total des matières fixes. . .			9,112

J'ai obtenu	fonte.	5,109	6,661
	scorie	1,552	
Oxygène ajouté pour former du peroxyde.			2,258
		8,919	8,919
		Perte . . .	0,193

Fondant ajouté	0,672
Matières vitrifiables du minerai.	0,880
Matières insolubles dans l'eau régale	0,840
Matières solubles dans l'eau régale	0,040

Fonte blanche de belle qualité, s'aplatissant avant de se rompre : attaquable à la lime.

Scorie : à l'extérieur, opaque, jaune, contenant quelques grenailles; à l'intérieur, transparente, incolore par réfraction, très-légère teinte rose par réflexion : la partie jaune de l'extérieur n'est qu'une mince pellicule.

Minerai n° 7. — Essai n° 19.

Perdant à la calcination 0,153 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,058 de matières insolubles.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. . .			8,470
J'ai ajouté, pour obtenir une scorie de la formule $(6\dot{C}a, \ddot{\ddot{A}}l)\dddot{S}i^6$,	Alumine calcinée . .	0,107	
	Carbonate de chaux = 0,634, soit en chaux.	0,357	0,464
	Total des matières fixes. . .		8,934
J'ai obtenu	fonte. 5,320	. . 6,617	
	scorie 1,297		
Oxygène calculé pour former du peroxyde. .		2,351	
		8,968	8,968
Excès dû à de l'oxyde ferreux, etc.			0,034

Fondant ajouté.	0,464
Matières vitrifiables du minerai	0,833
Matières insolubles dans l'eau régale	0,580
Matières solubles dans l'eau régale	0,253

Fonte blanche, s'aplatissant avant de se rompre, attaquable à la lime.

Scorie : à l'extérieur, opaque, vert-foncé, contenant quelques grenailles ; à l'intérieur, vert émeraude clair, opaque dans les gros morceaux, translucide dans les éclats minces.

Minerai n° 8. — Essai n° 20.

Perdant à la calcination 0,152 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,060 de matières insolubles.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. . .			8,480
J'ai ajouté, pour obtenir une scorie de la formule $(6\ddot{C}a, \dddot{A}l)\dddot{S}i^{6}$.	Alumine calcinée. . 0,111 Carbonate de chaux = 0,657, soit en chaux 0,370		0,481
	Total des matières fixes. . .		8,961
J'ai obtenu	fonte. . . . . . . 5,184 scorie 1,350	6,534	
Oxygène calculé pour former du peroxyde. .		2,291	
		8,825	8,825
	Perte. . .		0,136

Fondant ajouté.	0,481
Matières vitrifiables du minerai	0,869
Matières insolubles dans l'eau régale	0,600
Matières solubles dans l'eau régale	0,269

Fonte blanche, s'aplatissant très-peu avant de se rompre sous le marteau, attaquable à la lime.

Scorie : à l'extérieur, noire, opaque, luisante, contenant quelques grenailles ; à l'intérieur, noire, opaque, vitreuse, dans les gros morceaux ; vert émeraude, translucide, dans les éclats minces.

Minerai n° 9. — Essai n° 21.

Perdant à la calcination 0,155 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,090 de matières insolubles.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. . .			8,450
J'ai ajouté, pour obtenir une scorie de la formule $(6C\dot{a}, \dddot{A}l)\dddot{S}i^6$	Alumine calcinée .	0,167	0,721
	Carbonate de chaux 0,985, soit en chaux	0,554	
Total des matières fixes. . .			9,171
J'ai obtenu fonte.	5,215	. . 7,011	
scorie	1,796		
Oxygène calculé pour former du peroxyde. .		2,305	
		9,316	9,316
Excès dû à de l'oxyde ferreux. . .			0,145
Fondant ajouté..	0,721		
Matières vitrifiables du minerai	1,075		
Matières insolubles dans l'eau régale	0,900		
Matières solubles dans l'eau régale.	0,175		

Fonte blanche ne s'aplatissant pas sous le marteau, attaquable à la lime.

Scorie : à l'extérieur, dans certaines parties, recouverte d'un léger enduit couleur plombagine, dans d'autres parties, incolore, translucide par réflexion et par réfraction, vitreuse: dans la partie en contact avec le culot, recouverte d'une légère couche d'émail bleu, contenant des grenailles ; à l'intérieur, transparente, rosâtre par réflexion, incolore par réfraction.

Minerai n° 10. — Essai n° 22.

Perdant à la calcination 0,117 de son poids.

Laissant dans l'eau régale bouillante 0,222 de matières insolubles.

J'ai soumis à l'essai :

10 grammes de minerai cru = minerai calciné. . .			8,830
J'ai ajouté, pour obtenir une scorie de la formule $(6C\dot{a}, \dddot{A}l)\dddot{S}i^6$	Alumine calcinée. .	0,411	1,778
	Carbonate de chaux = 2,428 soit en chaux	1,367	
Total des matières fixes. . .			10,608

J'ai obtenu { fonte. . . . . . . 4,340 / scorie . . . . . . 4,240 } . .	8,580		
Oxygène calculé pour former du peroxyde.	1,918		
	10,498	10,498	
Perte de 1 p. °/₀. .		0,110	

Fondant ajouté.	1,778
Matières vitrifiables du minerai.	2,462
Matières insolubles dans l'eau régale	2,220
Matières solubles dans l'eau régale	0,242

Fonte blanche, ne s'aplatissant pas avant de se rompre, difficilement attaquable à la lime.

Scorie : à l'extérieur, opaque, noire, un peu fendillée; contenant des grenailles ; à l'intérieur, caverneuse, noire, opaque, terreuse, quelques fragments vert-bouteille, translucide.

Ces six essais, faits sur des minerais provenant tous de la commune de Cappelen et pris au hasard, portent la teneur moyenne à plus de 50 p. °/₀. Si l'on considère que les mines traitées aux fourneaux de Seraing ont une teneur moyenne de 33 p. °/₀ et coûtent, rendues à l'usine, 11 francs, on sera convaincu de l'avantage que présentent celles de la Campine, dont le rendement en grand dépassera 40 p. °/₀, et dont le prix à Liége (celles de Herenthals) ne serait que de 6f24, soit de 7 francs, à Seraing.

Quant à la qualité, je tiens de l'un de MM. les administrateurs de la société de Châtelineau, qu'une partie de minerais de la Campine traitée, pour essai, en mélange avec des minerais plus pauvres de l'entre Sambre et Meuse, a donné une bonne fonte d'affinage ; elle a été vendue pour être affinée à un laminoir d'Allemagne ; les acheteurs en ont témoigné

leur satisfaction, en exprimant le desir d'en recevoir de semblable à l'avenir.

D'après des renseignements assez vagues, je pense pouvoir évaluer le minerai extrait depuis le début, au mois de décembre dernier, pour être livré à l'industrie sidérurgique, à 10,000 tonneaux de la plaine de l'Escaut, et à 20,000 des vallées des deux Nèthes.

On voit combien il est intéressant pour le pays de continuer des recherches dont les résultats sont appelés à exercer une si heureuse influence, sur l'industrie de la Belgique et sur la richesse de la Campine.

Ce que j'ai dit plus haut sur le mode de formation des minerais auxquels le présent travail est consacré, prouve que cette contrée n'est pas la seule qui les recèle dans notre pays.

Il est bien évident que s'ils sont, comme tout le prouve, le résultat des alluvions des cours d'eau, de l'Escaut, par exemple, les terrains à la rive gauche de ce fleuve doivent en contenir aussi bien que les terrains à la rive droite. C'est en partant de cette idée que j'ai conseillé de faire, dans la Flandre, tant sur la rive gauche de l'Escaut que sur les bords de ses affluents, des recherches que l'on commence en ce moment. C'est d'après la même idée que l'on devrait aussi, dans le Brabant et la Campine, fouiller les vallées des rivières inexplorées jusqu'à ce jour, telles, par exemple, que celles du Rupel, de la Dyle, du Demer, de la Sweertwater, de la Lack, de la Molle Nèthe, etc.

L'existence du minerai étant constatée en Belgique, un coup d'œil jeté au delà de nos frontières du nord ne peut tarder à faire connaître que la Hollande doit aussi renfermer cette utile substance. Il me paraît hors de doute que l'on en trouverait dans la province du Brabant septentrional. J'ai eu l'occasion de remarquer, dans la commune de Woensdrecht, sous Bergen-op-Zoom, des indices qui annoncent sa présence d'une manière certaine.

Donnant plus d'extension à cette idée, ne pourrait-on pas

espérer d'en rencontrer dans les alluvions dont sont formées les plaines basses avoisinant l'embouchure des grands fleuves du continent qui se jettent dans les mers du nord?

Quoi qu'il en soit, et revenant à ce qui concerne la Belgique, on peut croire que nos provinces septentrionales ne se borneront pas à ne tirer parti de leurs minerais qu'en les exploitant pour les envoyer à Liége et dans le Hainaut. Ne doit-on pas penser que, si l'on trouve, comme il y a lieu de s'y attendre, parmi ces minerais, des variétés propres à faire un mélange convenable, on ne tardera pas à voir l'industrie sidérurgique s'établir en Campine? Les bateaux qui auraient conduit du minerai sur la Meuse ou sur la Sambre, ramèneraient en retour de la houille, ou du coke et de la castine.

La sidérurgie au bois, chassée des provinces de Namur et de Luxembourg, ne pourrait-elle se réfugier dans une contrée où le bois de sapin abonde et est à vil prix? Parmi les nombreuses variétés de tourbe que renferme la Campine, ne pourrait-on en trouver qui fussent propres aux usages métallurgiques? Si l'on considère qu'un quart au moins du minerai (tous les fragments au-dessous de la grosseur d'un œuf) n'est pas expédié, et reste sur les lieux, sans emploi, ou est enfoui pour remplir les tranchées; que la valeur de certains terrains, le long du canal de la Nèthe, par exemple, ne dépasse pas 150 à 200 francs l'hectare; que la main-d'œuvre est à très-vil prix dans toute la Campine, on sera convaincu de l'intérêt que présente la solution des questions qui précèdent. Cette solution, selon moi, ne peut manquer, au moins pour la première, d'être affirmative, et si la condition de l'existence des minerais propres à fournir un mélange convenable est remplie, j'ai la persuasion que l'on ne tardera pas à voir des usines à fer s'élever dans la Campine.

Liége, le 2 mai 1846.

P. S. J'ai dit plus haut que j'avais conseillé de faire dans la Flandre, tant sur la rive gauche de l'Escaut que sur les

bords de ses affluents, des recherches de minerais de fer. La société de Seraing a chargé M. le sous-ingénieur honoraire Stouls d'en exécuter d'après mes indications : elles ont été couronnées de succès. M. Stouls a rencontré du minerai dans les communes de Tamise, de Nieuwekerke, de Kemseke, de St-Pauwels, de Sinay et de Lockeren. Je dois ajouter qu'il le considère comme étant d'une qualité inférieure à celui de Capellen, et comme ayant plutôt l'apparence de grès ferrugineux que de minerai de fer ([1]).

J'ai trouvé moi-même de ce minerai dans la province de Limbourg, entre le bourg de Beringen et le hameau d'Everseel, dans les prairies marécageuses existant sur les bords du Herderbeek et du Sweertbeek.

J'ai analysé un mélange de parties sensiblement égales des minerais 5, 6, 7, 8, 9, 10, et j'ai obtenu sur 100 la composition suivante :

Eau d'hydratation et matières volatiles. . .		0,144
Silice et quartz		0,105
Alumine.		0,005
Magnésie.		0,005
Oxygène = 0,2241 Fer . . = 0,5059	oxyde ferrique	0,730
Soufre = 0,003 Fer = 0,002	sulfure ferrique. . . .	0,005
Perte.		0,006
	Total.	1,000

La quantité de soufre est encore ici bien moins sensible que dans les minerais 1 et 3. Quant au phosphore, il faut appliquer à la présente analyse l'observation qui suit l'analyse précédente.

Liége, le 20 juillet 1846.

([1]) Un examen ultérieur de ces minerais me porte à penser qu'ils doivent être rangés parmi ceux de la formation médio-marine. J'en donnerai des essais et des analyses dans un prochain travail.

CONSTRUCTIONS.

CONSERVATION

DES

BOIS, CORDAGES ET TOILES.

NOTE SUR LE PROCÉDÉ DE M. H. BOURDON.

On sait combien serait précieuse la découverte d'une préparation simple et économique, qui permît d'accroître la durée du tissu ligneux, en transformant ou faisant avorter les germes de désorganisation qu'il renferme. Les matières essayées à cette fin sont nombreuses. Nous citerons en particulier les résines, les huiles grasses, le muriate de soude, le nitrate de potasse, la chaux, la baryte, la créosote et le pyrolignite de fer. Chacune de ces subtances peut servir utilement; néanmoins elles n'offrent toutes que des avantages restreints, leur emploi étant insuffisant comme préservatif durable, ou trop dispendieux, ou bien encore d'une application difficile en certain cas, et notamment quand il s'agit de bois prêt à être mis en œuvre. Le procédé Boucherie mérite sans doute d'être distingué parmi tous les autres. Nous ne contestons pas la supériorité qui lui paraît acquise: nous ne voulons pas amoindrir le résultat des expériences récentes qui le recommandent spécialement à l'attention des constructeurs; mais, par cela seul que ce procédé cesse d'être applicable lorsque tout mouvement séveux est éteint dans le bois, il laisse la solution cherchée incomplète.

Cet état de la question nous a fait accueillir avec un vif intérêt le moyen nouveau, découvert et proposé par M. H. Bourdon, pour la conservation des substances ligneuses, bois, cordages et toiles. Quelques détails extraits de l'exposé publié par l'inventeur, mettront nos lecteurs à même d'apprécier les avantages spéciaux qui caractérisent ce procédé remarquable.

La préparation décrite par M. Bourdon est d'une exécution facile et peu dispendieuse.

Pour le bois, elle consiste en une sorte de peinture (plus ou moins pénétrante, suivant que les parties qui la reçoivent sont plus ou moins spongieuse), faite à une ou plusieurs couches, d'abord avec de l'eau de tan bouillante, ensuite avec une matière albumineuse, telle que la colle de poisson, l'huile de morue ou de baleine, le sang ou le suif oléine.

Pour les cordages, elle se réduit à deux immersions successives, opérées sur le fil de carret qu'on plonge à chaud dans un bain de tan, puis de là dans un bain d'huile amalgamée avec une certaine quantité de résine, de chaux et de soufre.

La même disposition s'applique à la fabrication des toiles qu'on veut rendre infermentescibles. L'on prend les fils au sortir du banc de filage, et après les avoir fait passer au bain de tan, on les immerge dans l'huile albumineuse.

Que se passe-t-il dans cette double opération, et quel en est le résultat définitif? Les faits constatés par l'auteur nous l'apprennent. L'eau de dissolution s'évapore immédiatement; le tan reste; fixées par l'action du tan, les huiles, quoique grasses et non siccatives, sèchent en peu d'heures. De là, tannage complet sur une certaine épaisseur; de là, formation d'une enveloppe élastique et indiluable, détruisant, à partir de la surface, tout germe de désorganisation, et isolant l'intérieur de manière qu'aucun de ces germes ne puisse s'y développer.

Nous n'examinerons pas si cette explication résout par elle-même toutes les objections que la question soulève.

En pareille matière, c'est à l'expérience seule qu'il appartient de prononcer souverainement. Peut-être la sanction du temps n'est-elle point encore suffisamment acquise à M. Bourdon. Cependant ses premiers essais datent de 1830, et il a pu constater, après deux ans d'épreuve, que des bois atteints de cette moisissure blanchâtre qui se reforme sans cesse jusqu'à pourriture complète, avaient repris et conservé, sous l'action du tannage, l'aspect net et brillant du bois sain, fraîchement coupé. Cette observation est importante : faite après un laps de temps plus considérable, elle deviendrait tout à fait décisive. Quoi qu'il en soit, M. Bourdon n'hésite point à considérer le procédé qu'il emploie, comme ne perdant rien de son efficacité, alors même qu'il s'agit d'arrêter les progrès d'une décomposition déjà commencée.

Le tannage des bois, tel que nous venons de le décrire, nous paraît devoir être essayé pour la conservation des traverses employées sur les chemins de fer. On peut d'ailleurs l'appliquer en général à toute construction, et c'est pour les parties exposées aux alternatives de la sécheresse et de l'humidité qu'il conviendrait surtout d'y recourir. Ajoutons qu'à la mer, il réussirait probablement comme préservatif contre le taret et le lymexile.

Gand, ce 15 janvier 1846.

E. L.

LÉGENDE

RELATIVE A LA MACHINE POUR MONTER ET DESCENDRE LES OUVRIERS DANS LES BURES, page 79.

—

A, A, A	Maîtresses tiges ;
B, B', B', B	Balancier hydraulique dont la partie *B', B'*, s'appelle le soubassement : il sert à mettre les cylindres *B B* en communication l'un avec l'autre, au-dessous de leurs pistons ;
C, C, C,	Tubulures servant à introduire l'eau sous les pistons du balancier hydraulique, ou à vider le balancier ;
D, D,	Déversoir au moyen duquel l'eau qui se trouve au-dessus des pistons, passe d'un cylindre à l'autre, pour maintenir l'équilibre dans toutes les positions des maîtresses tiges ;
E, E	Cylindre de la machine à vapeur ;
F, F	Chapelle pour l'admission et la sortie de la vapeur ;
G	Comprimeur de la vapeur à sa sortie ;
H, H, H,	Cataractes ;
I, I,	Modérateur de la vapeur à son entrée ;
K, K	Boites à bourrage renversé ;
L, L	Sommiers supportant l'appareil sur la bure ;
M, M, M, M	Coffre en bois entourant la tige en fer et sa crosse du côté du plancher fixe *N, N*, sur lequel les ouvriers se placent sur la première plate-forme *P ;* Ce coffre empêche les ouvriers d'être atteints par la crosse *O ;*
P, P,	Brides en fer reliant les maîtresses tiges en bois aux crosses *O, O*, dans lesquelles sont fixées les tiges de piston du balancier hydraulique ;
Q, Q	Patins en bois fixés aux maîtresses tiges, et servant à les faire reposer sur les bois de retenue *R, R, R, R ;*
S, S	Échelle verticale servant à faire sortir les ouvriers de la bure, lorsque l'appareil ne peut fonctionner.

DOCUMENTS ADMINISTRATIFS.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

PERSONNEL.

M. G. J. DE BAVAY, ✠, G. O. ✵, ministre des travaux publics, 31 mars 1846.

Secrétariat général.

MM. C. F. J. Bareel, ✠, O. ✵, secrétaire général.
P. F. Viseleur, chef de bureau.
T. Vanden Peereboom, chef de bureau.

PREMIÈRE DIVISION.

Routes.

MM. F. Bisserot, ✠, ingénieur en chef de 2e classe au corps des ponts et chaussées, chef de division.
A. Lavallée, chef de bureau.

DEUXIÈME DIVISION.

Chemins de fer de l'État.

MM. G. F. M. Grosfils, ✠, ingénieur en chef de 2e classe au corps des ponts et chaussées, chef de division.
L. L. G. Grenon, chef de bureau.
G. Melotte, chef de bureau.

TROISIÈME DIVISION.

Mines.

MM. P. J. Devleschoudere, chef de division.
L. C. A. Chicora, chef de bureau.

QUATRIÈME DIVISION.

Postes et messageries.

MM. Le comte L. T. d'Aldin, chef de division.
C. A. C. Vanderzanden, chef de bureau.
A. Dufour, chef de bureau.
J. Vancaubergh, chef de bureau.
N. . . . . , chef de bureau.

CINQUIÈME DIVISION.

Personnel et comptabilité.

MM. P. J. Stas, chef de division.
A. Verbrugghen, chef de bureau.
F. Gendebien, chef de bureau.

SIXIÈME DIVISION.

Travaux hydrauliques, chemins de fer concédés.

MM. E. P. O'Sullivan, chef de division.
S. Rosendahl, chef de bureau.

COMMISSION DIRECTRICE DES ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS.

MM. Le baron Évain, C. ✠, G. O. ✱, lieutenant-général, ministre d'État, *président*.
Teichmann, O. ✠, O. ✱, ✱, commandeur de l'ordre du mérite civil de Saxe, décoré de l'ordre de l'aigle rouge de Prusse, gouverneur de la province d'Anvers, *vice-président*.

CHAPELIÉ, ✠, C. ✠, général-major, commandant de l'école militaire.

DE MOOR, O. ✠, ✠, O. ✠, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées.

DEVAUX, O. ✠, inspecteur général des mines.

DUTILLOEUL, ✠, ✠, ✠, général-major.

FRÉDÉRIX, ✠, colonel d'artillerie, directeur de la fonderie royale de canons, à Liége.

LA HURE, ✠, capitaine de vaisseau, inspecteur général de la marine.

LAMARLE, ✠, professeur à l'université et inspecteur des études à l'école spéciale du génie civil, à Gand.

QUETELET, ✠, directeur de l'observatoire, à Bruxelles.

VISSCHERS, ✠, conseiller au conseil des mines.

H. GUILLERY, ✠, ingénieur en chef de 2e classe au corps des ponts et chaussées, *secrétaire*.

Par disposition ministérielle du 17 juillet 1846, M. DESMARAIS, ingénieur ordinaire de 2e classe au corps des ponts et chaussées, a été nommé *secrétaire-adjoint*.

PONTS ET CHAUSSÉES.

I. — TABLEAU

PAR GRADE ET RANG D'ANCIENNETÉ

DES INGÉNIEURS ET CONDUCTEURS DES PONTS ET CHAUSSÉES, AU 31 DÉCEMBRE 1846.

INSPECTEUR GÉNÉRAL.

M. T. J. TEICHMANN, O. ✠, O. ✠, ✠, commandeur de l'ordre du mérite civil de Saxe, décoré de l'ordre de l'aigle rouge de Prusse, inspecteur général des ponts et chaussées, gouverneur de la province d'Anvers.

M. J. F. NOËL, O. ✠, O. ✠, ✠, inspecteur général des ponts et chaussées *ad interim*.

INSPECTEURS DIVISIONNAIRES.

	DATE DE LA DERNIÈRE PROMOTION.
MM. De Moor, O. ✠, ✠, O. ✠. .	15 octobre 1838.
Masui, O. ✠, ✠, chevalier de l'ordre du prince Ernest de Saxe-Cobourg, décoré de l'aigle rouge de Prusse.	15 avril 1843.
Gernaert, O. ✠, ✠	16 avril 1846.
Willmar, O. ✠.	20 avril 1846.

INGÉNIEURS EN CHEF DE 1re CLASSE.

MM. Maurice Philippe, ✠.	22 novembre 1834.
Roget, ✠, ✠	—
Godin, ✠	30 juillet 1843.
Groetaers, ✠, ✠.	13 décembre 1846.
Wolters, ✠.	—

INGÉNIEURS EN CHEF DE 2e CLASSE.

MM. De Dobbeleer, ✠	22 mai 1833.
Kummer, O. ✠, ✠.	15 juillet 1842.
Gérardot de Sermoise (A.J.), O. ✠.	—
Delahaye (A. J.), ✠.	15 avril 1843.
Desart, ✠, ✠.	17 juillet 1843.
Bisserot (F.), ✠.	30 juillet 1843.
Guioth	—
Grosfils (G. F. M.), ✠.	29 juillet 1845.
Guillery (H.), ✠.	—
Dutreux, ✠.	—
Maus, ✠, *en congé en Sardaigne.*	22 juin 1845.

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE 1re CLASSE.

	DATE DE LA DERNIÈRE PROMOTION.
MM. Halkin.	22 mai 1833.
Fumière	28 février 1838.
Maes de Zutter.	29 février 1840.
Harpignies	15 juillet 1842.
Lemmen.	30 juillet 1843.
Petitjean (P. J.), ✠.	—
O'Sullivan.	—
Magis	29 juillet 1845.
Manilius	—
Splingard, ✠, chevalier de l'ordre du mérite civil de Saxe, *en congé dans la Hesse Électorale* . . .	—
Wellens	—

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE 2e CLASSE.

MM. De Grandvoir, *en congé provisoire*.	5 avril 1840.
Forret, ✠.	15 juillet 1842.
Cordonnier	—
Houbotte, ✠.	—
Dejaer.	—
Spaak	—
Belpaire (Alphonse).	—
Lebens, *en congé en France* . .	13 novembre 1842.
Desmarais	30 juillet 1843.
Dumon	—
Hanquet	29 juillet 1845.
Deperre	—
Masson.	—
Dandelin (Achille)	23 mars 1846.
Carez (Maximilien)	—
Du Pré, *en congé illimité* . . .	21 juillet 1845.

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE 3e CLASSE.

	DATE DE DERNIÈRE PROMOTION.
MM. GODDYN.	30 juillet 1843.
DECLERCQ (Ph.), ✠.	29 juillet 1845.
GOMBERT	—
BODET	—
ZUBER, *en congé en Russie* . . .	—
VANDERHEYDEN A HAUZEUR . . .	—
COGNIOUL	—

SOUS-INGÉNIEURS.

MM. LAMBERT	14 mai 1841.
CRÉPIN	—
BERNARD	—
LAURENSIUS.	15 juillet 1842.
DEPERMENTIER	—
BOUDIN.	30 juillet 1843.
COLSON	25 septembre 1843.
ROMBAUX, *en congé en Sardaigne* .	8 septembre 1844.
DEDIER	—
MORELLE	29 juillet 1845.
ANDRIES (J.)	—
ANDRIES (Ch.).	—
LECLERC	3 février 1846.
CRESPELLE	—
VANSCHOUBROECK	—
LAMAL	—
PETIT.	1er décembre 1846.
DE BRUYN	—

CONDUCTEURS DE 1re CLASSE.

MM. HEINDRYCKX.	30 août 1831.
WINCQ	12 mai 1837.
GILLE.	—

	DATE DE LA DERNIÈRE PROMOTION.
MM. De Rudder	19 juillet 1837.
Verdonck	24 juillet 1837.
Groulard (Hub.)	—
Declercq (L.)	—
Herouet	—
Despineto	11 août 1839.
Penant	—
Engels	28 décembre 1839.
Stévens (G.)	—
Garnier	5 avril 1840.
Vanpraet	6 avril 1840.
Beckers	—
Lefèvre	10 avril 1841.
Pillement	—
Thibesard	15 juillet 1842.
Muls	15 novembre 1842.
Canivet (S.)	15 avril 1843.
Van Ringh	10 octobre 1843.
Jonckheere	4 décembre 1844.
Rousseau (J.J.), *détaché au ministère de la justice*	29 juillet 1845.
Schorn	—
Pinsard	—
Sano	—
Gérardi	4 octobre 1845.
Jaminé	—
Diegerick	—

CONDUCTEURS DE 2e CLASSE.

MM. Courtois (J. P.)	30 août 1831.
Taquet	12 mai 1837.
Fontaine	6 juillet 1837.
Delahaye (J. B.)	15 mars 1838.
Lamury	—
Scheepers	30 octobre 1838.
Colart	11 août 1839.

	DATE DE LA DERNIÈRE PROMOTION.
MM. GROULARD (Victor), *en congé illimité*.	11 août 1839.
BOMBEKE.	6 avril 1840.
TROUET (Jacques).	—
BRAIBANT	—
BONHOMME	10 avril 1841.
WELLEN.	—
NEF (Ferd.).	—
PIERARD.	—
DELHAIZE	—
BASSE, *en congé*.	—
ROGIER	—
KEMPYNCK	—
DE AGUILAR.	—
DEGRENY.	—
DUPONT (J. P.).	—
GILLY	—
THOMAS.	—
RENAUD.	—
MALLET.	—
DESCAMPS (Alf.)	—
LAMQUET.	—
MAES.	—
CROCQ	15 juillet 1842.
COLPAERT	—
SILVAIS.	—
BALBEUR	13 novembre 1842.
DELGOTAL	—
CRIQUELION.	—
STIENON.	—
DEFAWE.	15 avril 1843.
GUINOTTE, *en congé au Mexique*. .	21 juin 1844.
PETIT	29 juillet 1845.
THEIN	—
WANTZEL, *en congé*	—
DETHY	—
BASSING.	—

	DATE DE LA DERNIÈRE PROMOTION.
MM. DECREEFT	29 juillet 1845.
SÉRÉSIA	—
PETITJEAN (J. J.)	—
CRETS	—
MOTTIN, *en congé*	—

CONDUCTEURS DE 3e CLASSE.

MM. JACQUES	26 mai 1836.
PONCELET	—
DEBEFVE	—
DECONINK, *en congé illimité*	—
MOREAU	—
MATHIOLI	11 juin 1836.
MICHAUX	29 décembre 1836.
CORDIER	12 mai 1837.
MACIEJOWSKI	—
HEYMANS	—
ADAM	—
POPPE	—
TRAETS	—
VANVRECKOM	—
GUILMOT, *en congé illimité*	—
BARÉ	15 mars 1838.
DEWINTER	17 novembre 1838.
GOEDERT, *en congé illimité*	11 août 1839.
GESWEIN	—
RICAILLE	—
LUMEN	—
SCHANUS	—
CAMBIER	30 septembre 1839.
DAUBRESSE	11 février 1840.
TIELEMANS	—
MONAMI	—
BESME	—
GIROUX	—
GUILLERY (Charles)	—

	DATE DE LA DERNIÈRE PROMOTION.
MM. Segers	6 avril 1840.
Vieux-Jean	—
Vandeloo, *en congé provisoire.* .	—
Lejeune	—
Wilwerth.	—
Despreetz.	10 avril 1841.
Theunens	—
Besseling	—
Claes	—
Declercq (Constant)	—
Simonis	—
Descamps (Edmond)	—
Keelhoff	—
Lallement.	—
Courtois (H.)	—
Hetten.	—
Toeffart	—
Didier	—
Dispaux	—
Vander Elst (Cyrin), *en congé prov.*	—
Vanhoegaerden, *en congé illimité.*	—
Waeghemans	15 juillet 1842.
Bekaert	—
Trouet (Godefroid)	—
Misonne	1 octobre 1843.
Gevaert.	8 septembre 1844.
Goffin	25 avril 1845.
Guillery (Théodore)	27 février 1846.

ASPIRANTS-CONDUCTEURS.

MM. Rosseels	29 juillet 1845.
Groulard (Ch.)	—
Alexandre	3 février 1846.
Hanus	—
De Posch	—
Joannès	—

II. — TABLEAU

PAR GRADE ET RANG D'ANCIENNETÉ

DES INGÉNIEURS ET CONDUCTEURS ADJOINTS AU CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES.

INGÉNIEUR EN CHEF DE 1re CLASSE.

	DATE DE LA DERNIÈRE PROMOTION.
M. Cabry, ✠, ✲.	29 juillet 1845.

INGÉNIEUR EN CHEF DE 2e CLASSE.

M. Poncelet, ✠.	29 juillet 1845.

INGÉNIEURS DE 1re CLASSE.

MM. Ragheno	17 juillet 1843.
Fischer, ✲	29 juillet 1845.
Prisse (Ed.), *en congé*	—
Kreglinger, ✲.	—

INGÉNIEURS DE 2e CLASSE.

MM. Stevens, *en disponibilité*. . . .	17 juillet 1843.
Gambon.	29 juillet 1845.
Van Moere	—
Hodson, ✠	—
D'Elhoungne.	23 mars 1846.

INGÉNIEURS DE 3e CLASSE.

MM. Van Meus	13 novembre 1842.
Ubaghs, *en congé en Prusse*. . .	7 juillet 1844.
Gobert.	29 juillet 1845.
Weverbergh	—
Denis, *en congé en Prusse*. . .	—
Belpaire (Alf.)	—

SOUS-INGÉNIEURS.

	DATE DE LA DERNIÈRE PROMOTION.
MM. MALÉCOT	15 juillet 1842.
ROUSSEAU (Fréd.)	13 novembre 1842.
LECLERCQ	17 juillet 1843.
GROSFILS (J.J.), *en congé provisoire*	—
PIERARD	30 juillet 1843.
VINCHENT	31 octobre 1843.
CAREZ (Eug.)	7 juillet 1844.
VANESSCHEN	—
LABYE	9 juillet 1844.
HURIAU	6 août 1844.
DRUGMAND, *en congé provisoire*	—
CAREZ (Félix)	29 juillet 1845.
VANDERZWEEP	28 septembre 1845.
CAMBRELIN	—
GIRARDIN, *en congé dans la Hesse Électorale*	23 août 1846.

CONDUCTEURS DE 1re CLASSE.

MM. STOBBART	24 juillet 1837.
DANDELIN (L.)	10 avril 1841.
MOTTEQUIN	—
DIETZ, *en congé*	—
DUPONT (J. B.)	29 juillet 1845.

CONDUCTEURS DE 2e CLASSE.

MM. WALEFF	10 avril 1841.
WASSEIGE	14 juillet 1841.
DELTOUR	15 juillet 1842.
MAERTENS	13 novembre 1842.
GODENNE	20 décembre 1842.
BROCKMANN	29 juillet 1843.
BLONDEN, *en congé en Prusse*	7 juillet 1844.
PAIROU	29 juillet 1845.
ROYERS	—
GILLIS	—

	DATE DE LA DERNIÈRE PROMOTION.
MM. Missalle	29 juillet 1845.
Maurissen	—

CONDUCTEURS DE 3e CLASSE.

MM. Simon, *en congé provisoire*. . .	1 juin 1836.
Dehase.	29 avril 1839.
Wybauw	5 décembre 1842.
Vergauwen	—
Verhulst, *en congé illimité* . .	20 mars 1843.
Yzenbrandt de Lendonck . . .	—
Vandevelde	15 avril 1843.
Candèze	4 mai 1844.
Prisse (A.), *en congé provisoire*. .	—
Coppens	—
Brialmont.	—
D'Huart	8 août 1844.
De Moor (Ed.), *en congé provisoire*.	—
L'Hoir	21 mai 1845.
Janssens	29 juillet 1845.
Canivet (J.), *en congé dans la Hesse Électorale*.	—
Boucquié, *en congé illimité* . .	28 mars 1846.
Delperdange	—

ASPIRANT-CONDUCTEUR.

M. Vander Elst (Lucien).	8 août 1844.

III. — RÉPARTITION DES SERVICES.

A. — CONSEIL DES PONTS ET CHAUSSÉES.

MM. Noël, inspecteur général *ad interim*, *président*.
De Moor, inspecteur divisionnaire.
Masui, —

MM. Gernaert, inspecteur divisionnaire.
Willmar, —
Maurice Philippe, ingénieur en chef de 1[re] classe.
Guillery, ingénieur en chef de 2[e] classe, *secrétaire*.

B. — INSPECTION GÉNÉRALE.

MM. Noël, inspecteur général *ad interim*, à Bruxelles.
Desmarais, ingénieur ordinaire de 2[e] classe, —
Stévens, conducteur de 1[re] classe, —

C. — INSPECTIONS DIVISIONNAIRES.

PREMIÈRE DIVISION.

MM. De Moor, inspecteur divisionnaire, à Bruxelles.
Delahaye (A. J.), ingénieur en chef de 2[e] classe.
Magis, ingénieur ordinaire de 1[re] classe.
Dejaer, — de 2[e] —
Dandelin (A.), — — —
Labye, sous-ingénieur adjoint.
Dandelin (L.), conducteur adjoint de 1[re] classe.
Wilwerth, conducteur de 3[e] classe.
Vander Elst (Lucien), aspirant-conducteur adjoint.

La 1[re] division comprend le service ordinaire des provinces de Liége, de Luxembourg et de Namur; les services spéciaux de la Meuse dans les provinces de Liége et de Namur et du canal latéral à la Meuse de Liége à Maestricht; les lignes du chemin de fer de l'État de Landen à la frontière Prussienne, et de Braine-le-Comte à Namur; les travaux concédés des chemins de fer de l'Entre-Sambre-et-Meuse avec ses embranchements, de Wavre à la Sambre, avec les embranchements de Gembloux à Namur et à Charleroy, du Luxembourg, de Namur à Liége, et du canal de Meuse et Moselle; tous les travaux concédés déjà exécutés ou en cours d'exécution, tels que routes, chemins de fer, canaux, etc., dont la surveillance est attribuée au personnel des ponts et chaussées placé en service ordinaire dans les provinces de Liége, de Luxembourg et de Namur.

DEUXIÈME DIVISION.

MM. GERNAERT, inspecteur divisionnaire, à Mons.
DESART, ingénieur en chef de 2e classe, à Bruxelles.
D'ELHOUNGNE, ingénieur adjoint de 2e classe.
COGNIOUL, ingénieur ordinaire de 3e —
ANDRIES (Jos.), sous-ingénieur des ponts et chaussées.
ROUSSEAU, sous-ingénieur adjoint.
THOMAS, conducteur de 2e classe des ponts et chaussées.
DECLERCQ (Const.), conducteur de 3e classe —
TOEFFAERT, — — —
D'HUART, — — adjoint.

La 2e division comprend le service ordinaire des provinces des deux Flandres et du Hainaut; les services spéciaux des canaux de Zelzaete à la mer du Nord et de Deynze à Schipdonck; les lignes du chemin de fer de l'État, de Malines vers Ostende, Lille et Tournay, et de Braine-le-Comte à la frontière de France; les travaux concédés des chemins de fer de la Flandre occidentale avec leurs embranchements, de la vallée de la Dendre, de Manage à Mons, de Tournay à Jurbise, de Marchiennes-au-Pont à Erquelinne, et des canaux de Jemmapes à Alost et de Mons à la Sambre; tous les travaux concédés déjà exécutés ou en cours d'exécution, tels que routes, chemins de fer, canaux, etc., dont la surveillance est attribuée au personnel des ponts et chaussées placé en service ordinaire dans les provinces des deux Flandres et du Hainaut.

TROISIÈME DIVISION.

MM. WILLMAR, inspecteur divisionnaire, à Bruxelles.
GROETAERS, ingénieur en chef de 1re classe, —
MASSON, ingénieur ordinaire de 2e — —
VANSCHOUBROECK, sous-ingénieur.
PINSART, conducteur de 1re classe.
BALBEUR, conducteur de 2e classe.

La 3e division comprend le service ordinaire des provinces d'Anvers, de Brabant et de Limbourg; les services spéciaux du canal de Charleroy à Bruxelles, avec ses embranchements, et de celui de Maestricht à Bois-le-Duc, de la Meuse dans le Limbourg, des canaux de la Campine, de la petite Nèthe canalisée, du Rupel, de la Dyle et du Demer; les lignes du chemin de fer de l'État, de Bruxelles à Braine-le-Comte, de Bruxelles à Anvers, de Bruxelles à

Landen et de Landen à St.-Trond ; les travaux concédés des chemins de fer de St.-Trond à Hasselt, de Bruxelles à Wavre, de Louvain à Wavre et à Diest, et de Wavre à Manage ; tous les travaux concédés déjà exécutés ou en cours d'exécution, tels que routes, chemins de fer, canaux, etc., dont la surveillance est attribuée au personnel des ponts et chaussées placé en service ordinaire dans les provinces d'Anvers, de Brabant et de Limbourg.

D. — SERVICE ORDINAIRE.

PROVINCE D'ANVERS.

MM. De Dobbeleer, ingénieur en chef de 2e classe, à Anvers.
Goddyn, ingénieur ordinaire de 3e classe, —
Crépin, sous-ingénieur, à Anvers.
Gérardi, conducteur de 1re classe.
Scheepers, — 2e —
Colpaert, — — —
Heymans, — 3e —
Waeghemans, — — —

PROVINCE DE BRABANT.

MM. Groetaers, ingénieur en chef de 1re classe, à Bruxelles.
O'Sullivan, ingénieur ordinaire de 1re classe, —
Carez (Max.), — de 2e — —
Carez (Eugène), sous-ingénieur adjoint, — —
Penant, conducteur de 1re classe.
Courtois (J. P.), — 2e —
Renaud, — —
Mallet, — —
Dethy, — —
Petitjean (J. J.), — —
Crets, — —
Moreau, — 3e —
Vanvreckom, — —
Ricaille, — —
Besme, — —
Vieux-Jean, — —

PROVINCE DE LA FLANDRE OCCIDENTALE.

MM. Wellens, ingénieur ordinaire de 1re classe, faisant fonctions d'ingénieur en chef, à Bruges.
Declercq (Ph.), ingénieur ordinaire de 3e classe, à Bruges.
Bernard, sous-ingénieur, à Ostende.
Laurensius, — à Bruges.
Petit, — —
Declercq (L.), conducteur de 1re classe.
Vanpraet, — —
Pillement, — —
Jonckheere, — —
Kempynck, — 2e —
De Aguilar, — —
Defawe, — —
Sérésia, — —
Hetten, — 3e —

PROVINCE DE LA FLANDRE ORIENTALE.

MM. Wolters, ingénieur en chef de 1re classe, à Gand.
Lemmen, ingénieur ordinaire de 1re classe, à Termonde.
Deperre, ingénieur ordinaire de 2e classe, à Gand.
Colson, sous-ingénieur, à Gand.
Lamal, — —
De Bruyn, — —
De Rudder, conducteur de 1re classe.
Garnier, — —
Diegerick, — —
Taquet, — 2e —
Wellen, — —
Maes, — —
Poppe, — 3e —
Cambier, — —
Segers, — —
Bekaert, — —
Gevaert, — —
Hanus, aspirant-conducteur.
De Posch, — —

PROVINCE DE HAINAUT.

MM. Gernaert, inspecteur divisionnaire, chargé provisoirement du service ordinaire de cette province.
Fumière, ingénieur ordinaire de 1re classe, à Tournay.
Harpignies, ingénieur ordinaire de 1re classe, à Charleroy.
Gombert, ingénieur ordinaire de 3e classe, à Mons.
Vanderheyden à Hauzeur, ingénieur ordinaire de 3e classe, à Mons.
Huriau, sous-ingénieur adjoint, à Mons.
Heindryckx, conducteur de 1re classe.
Groulard (Hub.), conducteur de 1re classe, conservateur de la Sambre.
Hérouet, conducteur de 1re classe.
Lefèvre, conducteur de 1re classe, conservateur de l'Escaut.
Canivet (S.), —
Pierard, conducteur de 2e classe, conservateur de la Dendre.
Gilly, —
Descamps (Alf.), conducteur de 2e classe, conservateur du canal de Mons à Condé.
Debefve, conducteur de 3e classe.
Mathioli, — —
Michaux, — —
Dewinter, — —
Giroux, — —
Lallement, — —
Groulard (Ch.), aspirant-conducteur.

PROVINCE DE LIÉGE.

MM. Gérardot de Sermoise (A. J.), ingénieur en chef de 2e classe, à Liége.
Halkin, ingénieur ordinaire de 1re classe, à Liége.
Hanquet, ingénieur ordinaire de 2e classe, à Grivegnée.
Labye, sous-ingénieur adjoint, à Liége.
Gille, conducteur de 1re classe.
Despineto, — —
Dupont (J. P.), — 2e —

MM. Cordier, conducteur de 3e classe.
Baré, — —
Monami, — —
Courtois (H.), —
Misonne, — —
Goffin, — —
Rosseels, aspirant-conducteur.

PROVINCE DE LIMBOURG.

MM. Guioth, ingénieur en chef de 2e classe, à Hasselt.
Maes de Zutter, ingénieur ordinaire de 1re classe, —
Depermentier, sous-ingénieur.
Jaminé, conducteur de 1re classe.
Bonhomme, — 2e —
Decreeft, — —
Poncelet, — 3e —
Traets, — —
Lejeune, — —
Theunens, — —

PROVINCE DE LUXEMBOURG.

MM. Dutreux, ingénieur en chef de 2e classe, à Arlon.
Cordonnier, ingénieur ordinaire de 2e classe, à Bastogne.
Lambert, sous-ingénieur.
Leclerc, —
Lamury, conducteur de 2e classe.
Trouet (Jacques), conducteur de 2e classe.
Rogier, — —
Bassing, — —
Jacques, — 3e —
Maciejowski, — —
Tielemans, — —
Besseling, — —
Trouet (Godefroid), — —
Joannès, aspirant-conducteur.

PROVINCE DE NAMUR.

MM. Godin, ingénieur en chef de 1re classe, à Namur.
Dejaer, ingénieur ordinaire de 2e — —
Dumon, — — à Ciney.
Wincq, conducteur de 1re classe.
Beckers, — —
Fontaine, — 2e —
Delahaye (J.B.), — —
Colart, — —
Bombeke, — —
Braibant, — —
Delhaize, — —
Degreny, — —
Adam, — 3e —
Schanus, — —
Despreetz, — —
Dispaux, — —

E. — SERVICES SPÉCIAUX.

ADMINISTRATION DES CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION.

MM. Masui (J. B.), inspecteur divisionnaire, directeur, à Bruxelles.
Cabry, ingénieur en chef mécanicien de 1re classe, à Bruxelles.
Poncelet, ingénieur en chef mécanicien de 2e classe, à Bruxelles.
Petitjean (P. J.), ingénieur ordinaire de 1re classe, faisant fonctions d'ingénieur en chef, à Ensival.
Ragheno, ingénieur mécanicien de 1re classe, à Malines.
Fischer, ingénieur mécanicien de 1re classe, à Bruxelles.
Kreglinger, — —
Gambon, ingénieur adjoint de 2e classe, à Bruxelles.
Van Moere, — — à Gand.

MM. HODSON, ingénieur mécanicien de 2e classe, à Liége.
GOBERT, — 3e — à Bruxelles.
WEVERBERGH, — —
BELPAIRE (Alfred), — — à Malines.
MALÉCOT, sous-ingénieur constructeur, à Bruxelles.
LECLERCQ, — adjoint, à Bruxelles.
VINCHENT, — mécanicien, à Malines.
VANESSCHEN, — adjoint, à Bruxelles.
CAREZ (Félix), — mécanicien.
VANDERZWEEP, — —
CAMBRELIN, — —
VERDONCK, conducteur de 1re classe des ponts et chaussées.
THIBESARD, — — —
MULS, — — —
VAN RINGH, — — —
SANO, — — —
STOBBART, conducteur constructeur de 1re classe.
MOTTEQUIN, — adjoint —
DUPONT (J. B.), — — —
LAMQUET, conducteur de 2e classe des ponts et chaussées.
WALEFF, conducteur mécanicien de 2e classe.
THEIN, — de 2e classe des ponts et chaussées.
WASSEIGE, — mécanicien de 2e classe.
MAERTENS, — adjoint de 2e classe.
GODENNE, — — —
BROCKMANN, — — —
PAIROU, — — —
ROYERS, — — —
GILLIS, — — —
MISSALLE, — — —
MAURISSEN, — — —
DEHASE, — mécanicien de 3e classe.
YZENBRANDT DE LENDONCK, conducteur mécanicien de 3e cl.
VANDEVELDE, — adjoint —
CANDÈZE, — mécanicien —
COPPENS, — — —
BRIALMONT, — — —
L'HOIR, — — —

MM. Janssens, conducteur adjoint de 3e classe.
Delperdange, — mécanicien — —

STATION COMMERCIALE ET AGRANDISSEMENT DE L'ENTREPÔT D'ANVERS.

MM. Belpaire (Alph.), ingénieur ordinaire de 2e classe, à Anvers.
Dedier, sous-ingénieur, à Anvers.
Engels, conducteur de 1re classe.

BATIMENTS CIVILS.

MM. Roget, ingénieur en chef de 1re classe, à Bruxelles.
Bodet, ingénieur ordinaire de 3e classe, à Bruxelles.
Crespelle, sous-ingénieur.
Crocq, conducteur de 2e classe.
Alexandre, aspirant-conducteur.

CANALISATION DE LA CAMPINE.

MM. Kummer, ingénieur en chef de 2e classe, à Hocht.
Pierard, sous-ingénieur adjoint, à Hasselt.
Delgotal, conducteur de 2e classe.
Stienon, — —
Wybauw, — adjoint de 3e —
Vergauwen, — 3e —

CANAL D'EMBRANCHEMENT VERS TURNHOUT.

MM. Kummer, ingénieur en chef de 2e classe, à Hocht.
Spaak, ingénieur ordinaire — à Turnhout.
Didier, conducteur de 3e classe.

CANAL LATÉRAL A LA MEUSE, DE LIÉGE A MAESTRICHT.

MM. Kummer, ingénieur en chef de 2e classe, à Hocht.
Houbotte, ingénieur ordinaire — à Liége.

MM. Silvais, conducteur de 2e classe des ponts et chaussées.
Criquelion, — — —
Deltour, — — adjoint.
Lumen, — de 3e classe des ponts et chaussées.
Claes, — — —
Descamps (Edm.), — —
Keelhoff, — —

SERVICE DE LA MEUSE DANS LE LIMBOURG.

MM. Kummer, ingénieur en chef de 2e classe, à Hocht.
Simonis, conducteur de 3e classe.

SERVICE DE LA MEUSE DANS LES PROVINCES DE LIÉGE ET DE NAMUR.

MM. Guillery (H.), ingénieur en chef de 2e classe, à Bruxelles.
Morelle, sous-ingénieur, à Bruxelles.
Schorn, conducteur de 1re classe, à Liége.
Daubresse, — 3e — à Namur.

CANAL DE ZELZAETE A LA MER DU NORD.

MM. Gérardot de Sermoise (A.J.), ingénieur en chef de 2e classe, à Liége.
Forret, ingénieur ordinaire de 2e classe, à Bruges.
Van Meus, ingénieur adjoint de 3e — —

CANAL DE CHARLEROY.

MM. Masson, ingénieur ordinaire de 2e classe, à Bruxelles.
Nef (Ferdinand), conducteur —
Petit, — — à Pont-à-Celles.

SERVICE DU DEMER ET DE LA DYLE.

M. Carez (Eugène), sous-ingénieur adjoint, à Bruxelles.

TRAVAUX D'AMÉLIORATION DU RUPEL.

MM. Belpaire (Alph.), ingénieur ordinaire de 2e classe, à Anvers.
Dedier, sous-ingénieur, à Anvers.

INGÉNIEURS ET CONDUCTEURS ATTACHÉS A L'ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL.

MM. Manilius, ingénieur ordinaire de 1re classe, répétiteur.
Boudin, sous-ingénieur.
Andries (Charles), —
Geswein, conducteur de 3e classe, surveillant-répétiteur.
Guillery (Charles), — — —
Guillery (Théodore), — — —

IV. — INGÉNIEURS ET CONDUCTEURS EN RETRAITE.

MM. Vifquain (J. B.), inspecteur général honoraire.
De Behr (J. J.), ingénieur en chef de 1re classe.
Gérardot de Sermoise (J.), — —
Vandevelde, ingénieur en chef de 2e classe.
Moreau (Hub.-Jos.), conducteur de 1re classe.
Falla (Charles-Alb.), — —
Nef (J. B.), — —
Stoop (Fr.), — —
Haumont (Joseph), — 2e —
Hannecart (C. J.), — —
Merlin (A. J.), — 3e —
Bombeke (Vincent), — —

V. — VEUVES ET ORPHELINS PENSIONNÉS.

A. — Veuves et orphelins d'ingénieurs.

Noms des ingénieurs.	Grades.	Noms des veuves.
MM. Simons,	inspecteur divisionnaire.	Les orphelins.
De Brock (J. J.),	ingr en chef directeur.	De Ridder (A. J.)
Urban,	ingénieur en chef de 1re classe.	Du Pré (E.)
Bastin,	ingénieur ordinaire.	Louys (S. C. J.)
De Brock (Jacq.),	—	Baltia (M. S.)
De Kautem,	—	Corbisier (I. A.)
Donnay,	—	Delsa (J.)
Ducros,	—	Collas (M. J.)
Haberlé,	—	Carmois (J.)
Louyet,	—	Les orphelins.
Engels (H.),	—	Leys (C. L. T.)
De Marbaix,	—	Dubut (J. L.)
Mahauden,	—	Les orphelins.
D'Oldennel,	—	Wilmet (C. A.)
Delwarde,	ingénieur adjoint.	Deprix (A. J.)

B. — Veuves de conducteurs.

Noms des conducteurs.	Classe.	Noms des veuves.
MM. Biourge (A. A.)	2e	Stienon (H. G.)
Maertens (P. J.)	—	Mamet (C. C.)
Masson (S.)	—	Pieters (A. M.)
Williame (J. B.)	—	Onghena (M.)
Devaux (V.)	3e	Heye (M.)
Jongen (J. J.)	—	Goffin (M. C.)
Parsy (J. C.)	—	Dardenne (P.)
Philippart (E.)	—	Fabry (A. J.)

MINES.

I. — TABLEAU

PAR GRADE ET RANG D'ANCIENNETÉ
DES INGÉNIEURS DES MINES, AU 31 DÉCEMBRE 1846.

INSPECTEUR GÉNÉRAL.

	DATE DE LA DERNIÈRE PROMOTION.
M. Devaux, O. ✠	10 juin 1844.

INGÉNIEURS EN CHEF.

MM. Gonot, ✠, de 1re classe	—
Wellekens, ✠, de 2e classe.	—
Gernaert (J.), ✠, de 2e classe. . . .	22 octobre 1844.
Gautier, ✠, de 2e classe.	—

INGÉNIEURS ORDINAIRES.

MM. Delneufcour, ✠, de 1re classe. . . .	4 janvier 1839.
Bidaut, ✠, ✠, de 1re classe.	26 mars 1842.
Durieux, de 2e classe.	4 décembre 1825.
Mueseler, —	8 août 1842.
Dethier, —	22 octobre 1844.
Rucloux, —	—
Jochams, —	—
De Crassier, —	29 juillet 1845.

SOUS-INGÉNIEURS.

	DATE DE LA DERNIÈRE PROMOTION.
MM. Toilliez (A.)	4 janvier 1839.
Poncelet	16 décembre 1839
Laguesse	5 mai 1841.
Trasenster	26 mars 1842.
Barbière	25 septembre 1845
Vanscherpenzeel-Thim	30 juin 1845.
Gilon	—
Geoffroy	28 septembre 1845
Dumont	25 août 1846.

ASPIRANTS.

MM. Deflandre,	de 1re classe	30 mars 1841.
Lhoest,	—	21 mars 1842
Gérard,	—	—
Defize,	—	24 août 1844.
Quoilin,	—	13 novembre 1845
Rocour,	—	—
Dupont (F.),	de 2e classe	30 mars 1841.
Eloin,	—	—
Beaujean,	—	—
Dejaer (C. A.),	—	30 mars 1841.
Berchem,	—	21 mars 1842.
Ransy,	—	21 mars 1842.
Dechamps,	—	—
Beer,	—	24 août 1844.
Lambert (G.),	—	13 novembre 1845
Flamache (V.),	—	—
Flamache (H.),	—	—
Toilliez (D.),	—	—
Godin (A.),	3e —	4 novembre 1839
Castelain,	—	—
Lambert (C.),	—	31 mars 1841.
Bougnet,	—	—
Scarceriaux,	—	21 mars 1842.

		DATE DE LA DERNIÈRE PROMOTION.
MM. SADIN,	de 3e classe.	21 mars 1842.
HAMAL,	—	—
CLÉMENT,	—	—
DE SIMONY,	—	—
FABRY,	—	—
DAWANCE,	—	30 avril 1843.
GILLOT,	—	—
CHAUDRON,	—	—
BOUHY,	—	30 juin 1844.
DRION,	—	30 juin 1845.
HENIN,	—	—

II. — RÉPARTITION DU SERVICE.

INSPECTION GÉNÉRALE.

MM. DEVAUX, inspecteur général, à Bruxelles.
DEFLANDRE, aspirant de 1re classe, —

PREMIÈRE DIVISION. — PROVINCE DE HAINAUT.

MM. GONOT, ingénieur en chef de 1re classe, à Mons.
DETHIER, ingénieur de 2e classe, —
SCARCERIAUX, aspirant de 3e classe, —
BOUHY, — — —

1er DISTRICT.—ARRONDISSEMENTS DE MONS ET DE TOURNAY.

MM. DELNEUFCOUR, ingénieur de 1re classe, à Mons.
TOILLIEZ (A.), sous-ingénieur, —
DUMONT, — —
TOILLIEZ (D.), aspirant de 2e classe, —
LAMBERT (G.), — — —
SADIN, — 3e — —
HAMAL, — — —
CHAUDRON, — — —
DRION, — — —

2e DISTRICT.—ARRONDISSEMENT DE CHARLEROY.

MM. Jochams, ingénieur de 2e classe, à Charleroy.
Gilon, sous-ingénieur, —
Dechamps, aspirant de 2e classe, —
Flamache (H.), — — —
Lambert (C.), — 3e — —
Fabry, — — —
Dawance, — — —
Henin, — — —

DEUXIÈME DIVISION.—PROVINCES DE NAMUR ET DE LUXEMBOURG.

MM. Gautier, ingénieur en chef de 2e classe, à Namur.
De Crassier, ingénieur de 2e classe, —
Eloin, aspirant — —

3e DISTRICT.—PROVINCE DE NAMUR.

MM. Rucloux, ingénieur de 2e classe, à Namur.
Geoffroy, sous-ingénieur.
Quoilin, aspirant de 1re classe, à Philippeville.
Berchem, — 2e — à Namur.
De Simony, — 3e — —

4e DISTRICT.— PROVINCE DE LUXEMBOURG.

MM. Poncelet, sous-ingénieur, à Arlon.
Clément, aspirant de 3e classe, à Arlon.

TROISIÈME DIVISION. — PROVINCE DE LIÉGE.

MM. Wellekens, ingénieur en chef de 2e classe, à Liége.
Vanscherpenzeel-Thim, sous-ingénieur, —
Flamache (V.), aspirant de 2e classe, —

5e DISTRICT. — RIVE GAUCHE DE LA MEUSE, SAUF L'ARRONDISSEMENT DE HUY.

MM. Bidaut, ingénieur de 1re classe, à Liége.
Laguesse, sous-ingénieur, —
Lhoest, aspirant de 1re classe, —
Defize, — — —
Beaujean, — 2e — —
Godin, — 3e — —
Gillot, — — —

6ᵉ DISTRICT.—RIVE DROITE DE LA MEUSE, SAUF L'ARRONDISSEMENT DE HUY.

MM. Gernaert (J.), ingénieur en chef de 2ᵉ classe, à Liége.
Barbière, sous-ingénieur.
Dupont (F.), aspirant de 2ᵉ classe, —
Dejaer (C. A.), — — —
Beer, — — —
Ransy, — — —
Bougnet, — 3ᵉ — —

7ᵉ DISTRICT. — ARRONDISSEMENT DE HUY.

MM. Mueseler, ingénieur de 2ᵉ classe, à Liége.
Gérard, aspirant de 1ʳᵉ classe, à Huy.
Rocour, — — à Liége.

MM. Durieux, ingénieur de 2ᵉ classe, en disponibilité, à Bruxelles.
Trasenster, sous-ingénieur, professeur d'exploitation à l'école spéciale des mines, à Liége.
Castelain, aspirant de 3ᵉ classe, en congé illimité.

MACHINES A VAPEUR.

RÈGLEMENT DE POLICE

ET

INSTRUCTIONS.

ARRÊTÉ ROYAL DU 15 NOVEMBRE 1846, CONCERNANT L'ÉTABLISSEMENT ET LA SURVEILLANCE DES CHAUDIÈRES ET MACHINES A VAPEUR.

LÉOPOLD, ROI DES BELGES,

A TOUS PRÉSENTS ET A VENIR, SALUT.

Revu nos arrêtés des 5 avril et 24 juin 1839, 28 octobre 1840, 8 octobre 1842 et 10 février 1843, concernant l'établissement et la surveillance des chaudières et machines à vapeur;

Voulant introduire dans cette branche du service les améliorations signalées par l'expérience et par les progrès de la science;

Sur la proposition de notre ministre des travaux publics,

Nous avons arrêté et arrêtons :

TITRE PREMIER.

DISPOSITIONS RELATIVES A L'ÉTABLISSEMENT ET A LA MISE EN USAGE DES CHAUDIÈRES ET MACHINES A VAPEUR, PLACÉES A DEMEURE AILLEURS QUE DANS LES MINES.

Section première. — *Des autorisations.*

ART. 1er. Les chaudières et machines à vapeur, dans lesquelles la vapeur doit faire équilibre à plus d'une atmosphère, ne peuvent être placées et mises en usage qu'en vertu d'autorisations de l'administration.

Art. 2. Les demandes en autorisation seront adressées au gouverneur de la province dans laquelle ces appareils doivent être établis. Elles feront connaître :

a. La forme, les dimensions et la capacité de la chaudière, ainsi que de ses tubes bouilleurs;

b. L'épaisseur et la matière des parois;

c. L'étendue de la surface de chauffe;

d. La pression maximum de la vapeur, exprimée en atmosphères, sous laquelle la chaudière devra fonctionner;

e. La force de la machine exprimée en chevaux (le cheval-vapeur étant estimé à la force nécesssaire pour élever un poids de 75 kilogrammes à la hauteur d'un mètre par seconde);

f. L'usage auquel l'appareil est destiné;

g. La nature du combustible que l'on emploiera;

h. Les ateliers dans lesquels la chaudière et la machine ont été construites;

i. Le lieu et l'emplacement où elles doivent être établies, et la distance qui les séparera des bâtiments ou habitations et de la voie publique.

Un plan de la localité et un dessin de la chaudière seront joints à la demande.

Art. 3. Le gouverneur, après avoir recueilli les résultats de l'enquête de *commodo et incommodo*, prescrite par l'article 4 de l'arrêté royal du 31 janvier 1824 ([1]), transmettra la demande avec toutes les pièces au fonctionnaire chargé, dans la province, de l'inspection des machines et chaudières à vapeur.

Art. 4. La demande, avec le rapport des officiers de l'administration et les pièces à l'appui, sera soumise à la députation permanente du conseil provincial qui, dans son arrêté, rédigé dans la forme à déterminer par notre ministre des travaux publics, énoncera les conditions particulières sous lesquelles elle permet l'établissement de l'appareil, tout en rappelant l'obligation de se conformer à toutes les prescriptions énumérées ci-après, et à celles qui pourront être ordonnées par la suite.

(1) Art. 4. Les autorisations ne seront accordées que par suite d'informations préalables de *commodo et incommodo*, pour lesquelles on entendra, dans leurs intérêts, les habitants des maisons situées près des fabriques à ériger ; si ceux-ci s'opposaient à ce que la demande fût accordée, on fera mention expresse des motifs de leur opposition dans le procès-verbal d'information.

Art. 5. Si la députation du conseil provincial refuse d'autoriser l'établissement d'une machine ou chaudière à vapeur, ou qu'elle exige des conditions de sécurité particulières, les demandeurs pourront se pourvoir devant notre ministre des travaux publics.

Les opposants pourront également avoir recours à notre ministre des travaux publics contre l'arrêté d'autorisation.

Art. 6. Une seconde autorisation, émanant du gouverneur de la province, devra nécessairement précéder la mise en usage, et cette autorisation ne sera accordée qu'après qu'il aura été constaté, par procès-verbal du chef de service ou de son délégué, que les appareils ont été soumis par l'administration aux épreuves prescrites ci-après, qu'ils satisfont en tous points aux conditions imposées, et que rien ne s'oppose à cette mise en usage.

Art. 7. Des expéditions des arrêtés d'autorisation pour le placement et pour la mise en usage, seront adressées à notre ministre des travaux publics, au fonctionnaire chef de service des machines à vapeur et au demandeur.

Section 2.— *Appareils de sûreté dont les chaudières à vapeur placées à demeure doivent être munies.*

§ 1er. *Soupapes de sûreté.*

Art. 8. Chaque chaudière à vapeur doit être munie de deux soupapes de sûreté, à siége plat, fixées directement sur sa partie supérieure, une vers chaque extrémité.

Art. 9. Une de ces soupapes sera disposée de manière à être inaccessible à tout autre qu'au chef de l'établissement.

Art. 10. Le diamètre des orifices de ces soupapes variera selon la surface de chauffe des chaudières et selon la tension maximum de la vapeur, conformément à la table B annexée au présent arrêté.

Art. 11. La largeur de la surface annulaire de recouvrement sera au plus le vingtième du diamètre de l'orifice, et n'excédera, dans aucun cas, quatre millimètres.

Art. 12. La soupape sera chargée par un poids unique agissant soit directement, soit par l'intermédiaire d'un levier.

L'effort exercé sur la soupape ne dépassera pas celui de la pression maximum autorisée pour la vapeur.

Le poids et le levier seront vérifiés et poinçonnés par le fonctionnaire chargé de la surveillance des machines à vapeur.

§ 2. *Indicateurs du niveau d'eau.*

Art. 13. Pour connaître en tout temps la hauteur du niveau de l'eau, chaque chaudière sera pourvue d'un tube indicateur en verre, fixé au-devant du fourneau et garanti contre toute chance d'obstruction.

L'indicateur portera un index fixe, faisant connaître la hauteur au-dessous de laquelle le niveau ne devra pas descendre. Cette limite est fixée à un décimètre au-dessus du point le plus élevé des carneaux, tubes ou conduits de la flamme et de la fumée dans le fourneau.

Une plus grande hauteur d'eau pourra être exigée par l'acte d'autorisation.

Art. 14. Chaque chaudière sera également munie d'un flotteur d'alarme, destiné à avertir si le niveau descendait à cinq centimètres au-dessous de la limite assignée ci-dessus.

Art. 15. Outre ces deux appareils, chaque chaudière sera encore pourvue d'un indicateur à flotteur ou à robinet, placé en vue et à portée du chauffeur.

§ 3. *Manomètres.*

Art. 16. Chaque chaudière sera munie d'un manomètre à mercure, à air libre, indiquant en atmosphères la pression de la vapeur.

Le tuyau qui amène la vapeur au manomètre sera fixé directement sur la chaudière et non sur la prise de vapeur, ou sur quelque autre tuyau dans lequel la vapeur serait en mouvement ; le tube manométrique aura au moins cinq millimètres de diamètre intérieur ; sa hauteur sera limitée de manière que la colonne de mercure ne puisse dépasser de plus de 38 centimètres celle qui répond à la différence entre la tension autorisée de la vapeur dans la chaudière et la pression atmosphérique.

A ce tube sera adapté un sifflet d'alarme que la vapeur fera agir toutes les fois que la tension sera suffisante pour soulever cette colonne de mercure.

Ces manomètres seront disposés de manière que toutes leurs indications puissent être observées avec facilité par le chauffeur.

§ 4. *Appareils d'alimentation.*

Art. 17. Chaque chaudière sera munie d'une pompe bien construite et en bon état d'entretien, ou de tout autre appareil alimentaire, d'un effet assuré.

§ 5. *Chaudières multiples.*

Art. 18. Lorsque plusieurs chaudières se trouvent réunies et doivent fournir de la vapeur à la même conduite, chacune d'elles doit être munie des différents appareils ci-dessus ordonnés.

Elles devront pouvoir être rendues indépendantes les unes des autres.

Chacune d'elles devra être pourvue des appareils nécessaires pour pouvoir être alimentée d'eau séparément.

Section 3. —*Matériaux et épaisseur des parois des chaudières.*

Art. 19. Les chaudières destinées à produire de la vapeur à une tension supérieure à une atmosphère ne pourront être confectionnées qu'en tôle de cuivre ou de fer.

Art. 20. L'usage des chaudières et des tubes en fonte de fer est interdit.

Art. 21. Les épaisseurs à donner aux tôles seront les mêmes pour le cuivre que pour le fer.

Ces épaisseurs varieront selon les dimensions des chaudières et la tension à laquelle la vapeur doit être portée; pour les chaudières cylindriques, ces épaisseurs seront déterminées par la table A annexée au présent arrêté.

L'épaisseur de celles des chaudières qui, par leurs dimensions ou par la pression de la vapeur, ne se trouveraient pas comprises dans la table, sera déterminée par la règle énoncée à la suite de ladite table, sans que cette épaisseur puisse jamais excéder douze millimètres.

Art. 22. Lorsqu'il s'agira de chaudières ou parties de chaudières non cylindriques, ou bien de conduits intérieurs servant soit de foyers, soit à la circulation de la flamme, et pressées par

la vapeur du dehors en dedans, les parois devront être suffisamment épaisses ou renforcées par des armatures, pour éviter toute flexion nuisible dans le travail et dans les épreuves auxquelles elles sont soumises.

L'épaisseur des tôles sera toutefois limitée généralement à douze millimètres ; cette limite ne pourra être dépassée que pour les parties planes des chaudières construites d'après un système tubulaire comme celles des locomotives.

Section 4.—*Épreuves des chaudières et des pièces des machines dans lesquelles doit circuler la vapeur.*

Art. 23. Les chaudières dans lesquelles la vapeur doit être portée à une tension supérieure à une atmosphère, subiront une pression d'épreuve triple de celle qu'elles sont appelées à supporter, c'est-à-dire de la différence entre la tension autorisée de la vapeur et la pression atmosphérique.

Art. 24. Pour toute nouvelle chaudière à établir, l'épreuve se fera soit chez le fabricant, soit chez le propriétaire, avant qu'elle ne soit entourée de sa maçonnerie.

Art. 25. L'épreuve sera renouvelée après chaque réparation essentielle de la chaudière, et lorsqu'on aura du doute sur sa solidité, après un usage ou un chômage plus ou moins prolongé.

Elle sera également renouvelée chaque fois que le propriétaire en fera la demande.

Art. 26. Les chaudières ne pourront être éprouvées en raison d'une pression supérieure à celle qui, d'après la table, correspond à leur diamètre et à l'épaisseur des tôles.

Art. 27. Si la chaudière a résisté à l'épreuve à laquelle elle a été soumise, on y appliquera un timbre indiquant la pression maximum à laquelle on pourra la faire fonctionner.

Dans aucun cas, cette pression ne pourra être dépassée.

Art. 28. Si, pendant l'essai, l'eau sortait par des joints ou des fissures, ou que les parois subissent une déformation sensible, l'autorisation de mise en usage ne sera pas accordée.

Art. 29. Les différentes parties d'une machine, dans lesquelles

la vapeur doit circuler, seront soumises à la même épreuve que les chaudières, lorsqu'on doutera de leur solidité.

Art. 30. L'épreuve se fera à l'eau froide, au moyen d'une pompe foulante ou d'un tube alimentaire.

Le fabricant, ou le propriétaire de la chaudière, fournira aux agents de l'administration tous les moyens de faire les épreuves et en subira tous les frais et toutes les conséquences.

TITRE II.

DISPOSITIONS RELATIVES A L'ÉTABLISSEMENT DES MACHINES A VAPEUR EMPLOYÉES DANS L'INTÉRIEUR DES MINES.

Art. 31. Les machines à vapeur placées à demeure dans l'intérieur des mines seront pourvues des appareils de sûreté, prescrits par le présent arrêté pour les machines fixes, et devront avoir subi les mêmes épreuves ; elles ne pourront être employées qu'en vertu d'autorisations du gouverneur, délivrées sur les rapports des ingénieurs des mines.

Ces autorisations détermineront les conditions relatives à l'emplacement, à la disposition et au service habituel des machines.

TITRE III.

MACHINES A VAPEUR LOCOMOBILES ET LOCOMOTIVES.

Section 1re. — *Machines locomobiles.*

Art. 32. Les chaudières des machines locomobiles devront être munies des mêmes appareils de sûreté que celles des machines placées à demeure, à l'exception du manomètre à mercure, à air libre, qui pourra être remplacé par un manomètre à air comprimé ou par un thermomanomètre.

Art. 33. Les chaudières et autres organes de ces machines seront soumis et devront satisfaire aux épreuves prescrites pour les machines placées à demeure. Toutefois, si les chaudières sont construites suivant un système tubulaire, comme les chaudières de locomotives, elles ne seront éprouvées qu'au double de la pression effective.

Art. 34. L'autorisation de mise en activité est accordée par le gouverneur de la province, sur le vu du procès-verbal d'épreuve dressé par les ingénieurs, et constatant que la locomobile satisfait à toutes les conditions ci-dessus énumérées.

Art. 35. Les épreuves seront renouvelées, comme pour les machines fixes, après chaque réparation essentielle, ou lorsqu'on aura quelque doute sur la solidité de la chaudière, après qu'elle aura fonctionné ou chômé plus ou moins longtemps.

Art. 36. En cas de refus d'autorisation, les demandeurs pourront se pourvoir devant notre ministre des travaux publics.

Section 2. — *Machines locomotives.*

Art. 37. Les chaudières des machines locomotives seront pourvues de deux soupapes de sûreté, dont une sera rendue inaccessible au machiniste.

Le niveau de l'eau y sera constaté au moyen d'un tube en verre et de deux robinets indicateurs.

Elles seront alimentées d'eau par des pompes ou appareils d'un effet assuré.

Toute chaudière à vapeur destinée à la locomotion par eau devra en outre :

1° Être pourvue d'un moyen d'alimentation auxiliaire indépendant du jeu de la machine ;

2° Être munie d'un manomètre à air comprimé, indiquant, en tout temps, la pression de la vapeur dans la chaudière.

Art. 38. Les soupapes pourront être chargées au moyen de ressorts, agissant soit directement, soit par l'intermédiaire d'un levier.

Art. 39. Les chaudières construites suivant le système tubulaire seront éprouvées à une fois et demie la pression effective de la vapeur pour les locomotives destinées au service des chemins de fer, et à deux fois cette pression pour les machines en service sur les bateaux à vapeur.

Art. 40. Les épreuves seront renouvelées au moins une fois l'an, et après chaque réparation essentielle de la chaudière.

Art. 41. Les chaudières dont les parois seraient visiblement

déformées, ou dans lesquelles l'épreuve signalerait des défauts graves, ne seront pas mises en usage.

Art. 42. Chaque machine locomotive portera un nom et un numéro d'ordre, gravés sur une plaque fixée à la chaudière.

Art. 43. Les demandes de mise en service des locomotives destinées à circuler sur des chemins de fer autres que ceux de l'État, seront adressées au gouverneur de la province où se trouveront les ateliers de construction ou de réparation.

Ces demandes contiendront, outre les renseignements exigés par l'article 1er, le nom et le n° d'ordre donnés à la locomotive, ainsi que l'indication du service auquel elle est destinée.

Art. 44. L'autorisation de mise en usage sera accordée par le gouverneur, lorsque la machine locomotive aura satisfait aux conditions de sûreté ci-dessus prescrites.

En cas de refus d'autorisation, les demandeurs pourront se pourvoir devant notre ministre des travaux publics.

TITRE IV.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE DES CHAUDIÈRES ET DES MACHINES A VAPEUR.

Art. 45. Les chaudières et machines à vapeur sont, sous l'autorité de notre ministre des travaux publics, soumises à la surveillance des ingénieurs des mines de l'État, dans l'étendue de leur ressort administratif, et, à leur défaut, à celle des ingénieurs des ponts et chaussées.

Art. 46. Ces ingénieurs ou leurs délégués visiteront, aussi souvent qu'ils le jugeront convenable, toutes les chaudières et machines à vapeur qui sont situées dans leur ressort, et s'assureront que toutes les conditions sont rigoureusement observées.

Ils veilleront à ce qu'on n'emploie, comme mécaniciens ou comme chauffeurs, que des hommes expérimentés.

Art. 47. Ils examineront au moins une fois par an, et plus souvent s'ils en reçoivent l'ordre, l'état des machines et chaudières à vapeur, ainsi que de leurs dépendances.

Ils provoqueront auprès du gouverneur, ou par son intermédiaire, la réparation ou la réforme de celles que l'usage ou une détérioration accidentelle leur ferait regarder comme dangereuses.

Art. 48. La députation permanente pourra, selon les cas, révoquer ou suspendre l'autorisation accordée, sauf recours à notre ministre des travaux publics.

Art. 49. Les ingénieurs ou leurs délégués donnent leur avis sur les demandes en autorisation pour l'établissement et la mise en usage des machines et chaudières à vapeur; ils dirigent les épreuves auxquelles ces appareils sont soumis et font appliquer les timbres et poinçons, conformément aux prescriptions de notre ministre des travaux publics.

Tous les frais qu'entraînent ces diverses opérations sont à la charge des intéressés.

Art. 50. Sur le vu des états, les impétrants acquitteront dans le délai d'un mois, sous peine d'y être contraints, le montant des frais de route et de séjour occasionnés par l'examen et la première épreuve de leur appareil.

Il ne sera rien exigé de ce chef pour la surveillance périodique et les épreuves extraordinaires.

Art. 51. Les ingénieurs dresseront procès-verbal de leurs visites ordinaires, des épreuves qu'ils auront fait subir aux appareils à vapeur, des contraventions au présent arrêté, et des accidents survenus aux chaudières et machines à vapeur.

Des copies de ces procès-verbaux seront adressées au gouverneur de la province et au ministre des travaux publics.

Art. 52. Les contraventions seront punies des peines portées en la loi du 6 mars 1818, sans préjudice des poursuites à exercer en vertu du Code pénal, lorsqu'il y a lieu.

Art. 53. Les machines à vapeur, soit fixes soit locomotives, destinées au service des chemins de fer de l'État, et celles qui sont employées sur les bateaux à vapeur de la Meuse, continueront à être éprouvées et surveillées par les ingénieurs attachés à ces services respectifs [1].

[1] **LOCOMOTIVES.**

LÉOPOLD, ROI DES BELGES, ETC.

Vu l'arrêté royal du 5 avril 1839, confiant aux ingénieurs de l'État la surveillance des machines à vapeur;

Revu l'arrêté royal du 24 juin 1839, concernant l'établissement et la surveillance des chaudières et machines à vapeur, notamment l'art. 9 ci-dessous transcrit :

Art. 54. En cas d'accident survenu à une chaudière ou à une machine à vapeur, le propriétaire en informera immédiatement

« Toute chaudière dans laquelle la vapeur doit avoir une tension de plus » d'une atmosphère, sera soumise à une pression d'épreuve triple de celle » qu'elle est appelée à supporter.

« Cette pression sera déterminée par la différence entre la tension autorisée de la vapeur, dans la chaudière, et la pression atmosphérique; »

Considérant que l'on peut, sans inconvénient, soumettre à une pression moins rigoureuse les chaudières des machines locomotives tubulaires;

Sur le rapport de notre ministre des travaux publics,

Nous avons arrêté et arrêtons :

Art. 1er. Les chaudières des machines locomotives, distinées à la circulation sur chemins de fer, seront soumises à une pression d'épreuve, de moitié en sus de la pression effective la plus haute que ces appareils sont appelés à supporter.

Art. 2. La permission de mise en usage, pour les locomotives appartenant à l'État, sera délivrée après l'accomplissement des épreuves prescrites à l'art. 1er du présent arrêté, par le directeur de l'administration des chemins de fer en exploitation.

Art. 3. Les épreuves des machines locomotives seront renouvelées, au moins une fois l'an; elles auront lieu après chaque réparation essentielle de la chaudière.

Les chaudières détériorées, par l'effet de l'épreuve, ne seront point mises en service.

Art. 4. Le directeur des chemins de fer en exploitation adressera à notre ministre des travaux publics un duplicata des autorisations de mise en usage et des procès-verbaux d'épreuve.

Notre ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Donné à Bruxelles, le 28 octobre 1840.

—

SERVICE DE LA MEUSE.

LÉOPOLD, ROI DES BELGES, ETC.

Revu notre arrêté, en date du 5 avril 1839, confiant aux ingénieurs de l'État la surveillance des machines à vapeur;

Sur la proposition de notre ministre des travaux publics,

Nous avons arrêté et arrêtons :

Article unique. Par dérogation à notre arrêté du 5 avril 1839, l'ingénieur des ponts et chaussées attaché spécialement au service de la Meuse, est chargé de l'essai et de la surveillance des machines à vapeur à bord des bateaux naviguant sur ce fleuve.

Notre ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Donné à Bruxelles, le 10 février 1843.

le bourgmestre de la commune et l'ingénieur chargé de la surveillance, qui en constatera les effets et en recherchera les causes.

Le propriétaire laissera toutes les parties qui ont été déplacées dans l'état où elles se trouvaient après l'accident, jusqu'à ce que l'ingénieur se soit rendu sur les lieux, et en ait pris acte, sauf ce qui est nécessaire pour secourir les blessés et prévenir de nouveaux malheurs.

Art. 55. Notre ministre des travaux publics publiera chaque année, dans le *Moniteur*, l'état de tous les accidents arrivés, pendant l'année précédente, aux machines et chaudières à vapeur de chaque système. Cet état mentionnera le nom du fabricant, celui du propriétaire, les effets produits par l'accident et les causes reconnues ou présumées auxquelles on l'attribue.

Art. 56. Il sera accordé par l'administration des délais de six mois à deux ans, selon les cas, aux propriétaires des divers appareils actuellement autorisés, pour se conformer aux articles 14, 16, 17, 18, 22, 32 et 37, sans préjudice des poursuites à exercer à défaut d'exécution de toutes autres conditions imposées ou maintenues par notre arrêté du 24 juin 1839.

Toutes dispositions contraires au présent arrêté sont abrogées.

Notre ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera inséré au *Moniteur*.

Donné à Bruxelles, le 15 novembre 1846.

LÉOPOLD.

Par le Roi :

Le ministre des travaux publics,

De Bavay.

ANNEXE *A*.

TABLE DES ÉPAISSEURS

A DONNER AUX PAROIS DES CHAUDIÈRES CYLINDRIQUES EN TÔLE DE FER OU DE CUIVR

Diamètre des chaudières.	TENSION DE LA VAPEUR DANS LA CHAUDIÈRE. 2 Atm.	3 Atm.	4 Atm.	5 Atm.	6 Atm.	7 Atm.	8 Atm.	OBSERVATIONS.
Mètres.	Millim.	Millim.	Millim.	Millim.	Millim.	Millim.	Millim.	
0,50	3,9	4,8	5,7	6,6	7,5	8,4	9,3	L'épaisseur à donner aux p rois des chaudières cylin ques est exprimée par la f mule :
0,55	4,0	5,0	6,0	7,0	7,9	8,9	9,9	
0,60	4,1	5,2	6,2	7,3	8,5	9,5	10,6	
0,65	4,2	5,3	6,5	7,7	8,8	10,0	11,2	$E=d(n-1\ 1,8+3$
0,70	4,3	5,5	6,8	8,0	9,3	10,6	11,8	*E*, étant l'épaisseur expri en millimètres;
0,75	4,3	5,7	7,0	8,4	9,7	11,1	»	*d*, étant le diamètre d chaudière exprimée en mèt
0,80	4,4	5,9	7,3	8,8	10,2	11,6	»	*n*, la tension de la vapeur primée en atmosphères.
0,85	4,5	6,1	7,6	9,1	10,6	»	»	
0,90	4,6	6,2	7,9	9,5	11,1	»	»	
0,95	4,7	6,4	8,1	9,8	11,5	»	»	
1,00	4,8	6,6	8,4	10,2	»	»	»	
1,05	4,9	6,8	8,7	10,6	»	»	»	
1,10	5,0	7,0	8,9	10,9	»	»	»	
1,15	5,1	7,1	9,2	11,3	»	»	»	
1,20	5,2	7,3	9,5	11,6	»	»	»	
1,25	5,2	7,5	9,7	12,0	»	»	»	
1,30	5,3	7,7	10,0	»	»	»	»	
1,35	5,4	7,9	10,3	»	»	»	»	
1,40	5,5	8,0	10,6	»	»	»	»	
1,45	5,6	8,2	10,8	»	»	»	»	
1,50	5,7	8,4	11,1	»	»	»	»	
1,55	5,8	8,6	11,4	»	»	»	»	
1,60	5,9	8,8	11,6	»	»	»	»	
1,65	6,0	8,9	11,9	»	»	»	»	
1,70	6,1	9,1	»	»	»	»	»	
1,75	6,1	9,3	»	»	»	»	»	
1,80	6,2	9,5	»	»	»	»	»	
1,85	6,3	9,7	»	»	»	»	»	
1,90	6,4	9,8	»	»	»	»	»	
1,95	6,5	10,0	»	»	»	»	»	
2,00	6,6	10,2	»	»	»	»	»	

ANNEXE *B*.

TABLE POUR RÉGLER LES DIAMÈTRES

MINIMUM A DONNER AUX OUVERTURES DE DÉGAGEMENT DE LA VAPEUR, SUR LESQUELLES SERONT ÉTABLIES LES SOUPAPES DE SURETÉ.

Surface de chauffe des chaudières.	TENSION DE LA VAPEUR DANS LA CHAUDIÈRE										OBSERVATIONS.
	1 1/2 Atm.	2 Atm.	2 1/2 Atm.	3 Atm.	3 1/2 Atm.	4 Atm.	4 1/2 Atm.	5 Atm.	5 1/2 Atm.	6 Atm.	
M. c.	Cent.	Cent.	Cent.	Cent.	Cent.	Cent.	Cent.	Cent.	Cent.	Cent.	
1	2,5	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	
2	3,5	2,9	2,5	2,3	2,1	1,9	1,8	1,7	1,6	1,6	
3	4,3	3,6	3,1	2,8	2,6	2,4	2,2	2,1	2,0	1,9	
4	5,0	4,1	3,6	3,2	3,0	2,7	2,6	2,4	2,3	2,2	
5	5,6	4,6	4,0	3,6	3,3	3,1	2,9	2,7	2,6	2,5	
6	6,1	5,1	4,4	4,0	3,6	3,4	3,1	3,0	2,8	2,7	
7	6,6	5,5	4,8	4,3	3,9	3,6	3,4	3,2	3,0	2,9	
8	7,0	5,8	5,1	4,6	4,2	3,9	3,6	3,4	3,3	3,1	
9	7,5	6,2	5,4	4,8	4,4	4,1	3,8	3,6	3,5	3,3	
10	7,9	6,5	5,7	5,1	4,7	4,3	4,1	3,8	3,6	3,5	
11	8,3	6,8	6,0	5,4	4,9	4,6	4,3	4,0	3,8	3,6	
12	8,6	7,1	6,2	5,6	5,1	4,8	4,5	4,2	4,0	3,8	
13	9,0	7,4	6,5	5,8	5,3	4,9	4,6	4,4	4,2	4,0	
14	9,3	7,7	6,7	6,0	5,5	5,1	4,8	4,5	4,3	4,1	
15	9,7	8,0	7,0	6,3	5,7	5,3	5,0	4,7	4,5	4,3	
16	10,0	8,3	7,2	6,5	5,9	5,5	5,1	4,9	4,6	4,4	
17	10,3	8,5	7,4	6,7	6,1	5,7	5,3	5,0	4,8	4,5	
18	10,6	8,8	7.6	6,8	6,3	5,8	5,5	5,1	4,9	4,7	
19	10,9	9,0	7,8	7,0	6,4	6,0	5,6	5,3	5,0	4,8	
20	11,1	9,2	8,0	7,2	6,6	6,1	5,7	5,4	5,2	4,9	
21	11,4	9,5	8,2	7,4	6,8	6,3	5,9	5,6	5,3	5,0	
22	11,7	9,7	8,4	7,6	6,9	6,4	6,0	5,7	5,4	5,2	
23	12,0	9,9	8,6	7,7	7,1	6,6	6,2	5,8	5,5	5,3	
24	12,2	10,1	8,8	7,9	7,2	6,7	6,3	5,8	5,6	5,4	
25	12,5	10,3	9,0	8,1	7,4	6,9	6,4	6,0	5,8	5,5	
26	12,7	10,5	9,2	8,2	7,5	7,0	6,6	6,2	5,9	5,6	
27	13,0	10,7	9,3	8,4	7,7	7,1	6,7	6,3	6,0	5,7	
28	13,2	10,9	9,5	8,6	7,8	7,3	6,8	6,4	6,1	5,8	
29	13,4	11,1	9,7	8,7	8,0	7,4	6,9	6,5	6,2	5,9	
30	13,7	11,3	9,9	8,9	8,1	7,5	7,0	6,6	6,3	6,0	

OBSERVATIONS.

Pour les tensions de 6 1/2 atmosphères et au-dessus, il faut employer le même diamètre que pour 6 atmosphères.

Par surface de chauffe, on entend le développement total de la surface de la chaudière, des tubes intérieurs, et des tubes bouilleurs, exposée à l'action du foyer et de la flamme circulant dans les conduits.

Le diamètre de l'orifice de la soupape est déterminé par la formule empirique :

$$d=2,6\sqrt{\frac{s}{n-0,412}}$$

d, étant le diamètre exprimé en centimètres;

s, la surface de chauffe exprimée en mètres carrés;

n, la tension de la vapeur dans la chaudière, exprimée en atmosphères.

N. B. **On entend par tension de la vapeur, l'effort absolu qu'elle exerce dans un vase clos, et par pression, la tension diminuée de la pression atmosphérique, ou l'effort qui reste à vaincre par le vase placé dans l'air.**

INSTRUCTION MINISTÉRIELLE POUR L'EXÉCUTION DE L'ARRÊTÉ ROYAL DU 15 NOVEMBRE 1846, CONCERNANT L'ÉTABLISSEMENT ET LA SURVEILLANCE DES MACHINES A VAPEUR.

CHAPITRE PREMIER.

DEMANDES EN AUTORISATION D'ÉTABLISSEMENT ET DE MISE EN USAGE DES MACHINES ET CHAUDIÈRES A VAPEUR.

Une demande d'autorisation est obligatoire pour l'établissement et pour la mise en usage d'appareils dans lesquels on doit produire de la vapeur à une température de plus de 100° centigrades, ou à une tension supérieure à la pression atmosphérique.

Cette demande doit être adressée au gouverneur de la province; elle contiendra tous les renseignements désignés en l'art. 2 de l'arrêté royal.

Le gouverneur transmettra la demande au commissaire d'arrondissement, qui la fera parvenir au bourgmestre de la commune dans laquelle l'appareil doit être placé.

Le bourgmestre procédera immédiatement à l'enquête de *commodo et incommodo*, et en transmettra le résultat, avec son avis, au commissaire d'arrondissement; celui-ci l'adressera au gouverneur, en y joignant également son avis.

Toutes ces pièces seront ensuite envoyées à l'ingénieur chef de service, qui examinera en détail les réclamations des opposants et donnera son avis, en stipulant, en ce qui concerne la question d'art, les conditions particulières sous lesquelles l'appareil pourra être établi.

Si la chaudière doit être placée près de la voie publique ou des habitations, ce fonctionnaire indiquera les précautions à prendre, les murs de défense à construire, pour protéger la propriété des tiers, en cas d'accident.

La demande, avec les rapports des agents de l'administration, sera soumise par le gouverneur à la députation permanente du conseil provincial qui dressera l'acte d'autorisation, s'il y a lieu, dans la forme du modèle d'ordonnance ci-annexé. (Annexe n° 1.)

L'autorisation de mise en usage sera délivrée ultérieurement par le gouverneur, mais seulement après que l'ingénieur ou son

délégué aura constaté, par procès-verbal en due forme, que l'appareil satisfait à toutes les conditions prescrites. (Annexes n° III ou n° V.)

CHAPITRE II.

APPAREILS DE SURETÉ.

§ 1er. *Soupapes de sûreté.*

Le diamètre à donner aux orifices des soupapes dont chaque chaudière doit être munie est fixé par la table B annexée à l'arrêté royal du 15 novembre 1846.

Pour faire usage de cette table, on déterminera d'abord la surface de chauffe, exprimée en mètres carrés, de la chaudière, de ses tubes bouilleurs et de ses tubes intérieurs chauffés par la flamme et la fumée. On additionnera ces surfaces partielles en forçant la fraction dans la somme, de manière à obtenir un nombre entier de mètres carrés. On déterminera ensuite, à l'aide de la table A, la tension maximum à laquelle la vapeur peut agir dans la chaudière, eu égard au diamètre de celle-ci et à l'épaisseur des tôles, et on négligera les fractions ou parties de fractions au-dessous d'une demi-atmosphère.

Le chiffre de la table *B* correspondant à cette tension dans la colonne verticale, et à la surface de chauffe dans la colonne horizontale, exprimera, en centimètres, le diamètre minimum à donner à l'orifice de la soupape.

Ainsi, en supposant que le développement total de la surface de chauffe d'une chaudière soit 15 $^1/_2$ mètres carrés, la tension maximum de la vapeur 3 $^3/_4$ atmosphères, on cherchera dans la table le chiffre correspondant, dans la colonne horizontale, à 16^{m2}, et dans la colonne verticale, à 3 $^1/_2$ atmosphères, et l'on trouvera pour le diamètre de l'orifice 5, 9 centimètres.

Si le disque s'appliquait exactement sur son siége, de manière à empêcher la vapeur ou l'air extérieur de s'interposer entre les deux surfaces de contact, ce disque serait tenu fermé par sa charge normale augmentée de la pression de l'air sur toute la partie correspondant à la surface annulaire de recouvrement, et

il en résulterait, dans le règlement de la charge, une cause d'erreur d'autant plus grande que cette surface serait plus large.

L'arrêté a donc limité la largeur de cet anneau au vingtième du diamètre de l'orifice, sans qu'elle puisse excéder quatre millimètres, dimension qu'il importe de ne jamais dépasser.

L'effort exercé par la soupape devant faire équilibre à la pression effective de la vapeur sur le disque mobile, on procédera de la manière suivante pour en déterminer la charge :

Soit n la tension de la vapeur, exprimée en atmosphères, à l'intérieur de la chaudière ;

r le rayon de l'orifice de la soupape, exprimée en centimètres ;

p le poids du disque exprimé en kilogrammes ;

q l'effort, exprimé en kilogrammes, que le levier exerce, en son point d'application, sur le disque mobile ;

l la distance de ce point d'application à l'axe de rotation du levier ;

L la distance de l'axe de rotation au point d'application du poids ou du ressort sur le levier ;

On aura, P désignant le poids cherché ou la pression exercée par le ressort qui en tient lieu :

$$P=\left(1{,}033\pi r^2(n-1)-(p+q)\right)\frac{l}{L}.$$

L'effort q, que le levier exerce par son propre poids sur la soupape, se détermine au moyen d'une balance.

Dans le cas où la charge agit directement sur la soupape, la formule se réduit à

$$P=1{,}033\pi(n-1)r^2-p.$$

Si la surface de recouvrement est conique, ainsi que cela est toléré pour les chaudières des machines lomotives, et si le rayon intérieur du disque n'est pas exactement le même que celui de l'orifice, on prendra pour r le rayon intérieur du disque, toutes les fois qu'il sera plus grand que celui de l'orifice.

Pour vérifier l'exactitude de la charge d'une soupape pressée par un ressort, on déterminera, par la formule précitée, le poids qu'il faudrait appliquer à l'extrémité du levier pour faire équili-

bre à la pression maximum de la vapeur et en exerçant, en ce point, un effort équivalent au poids calculé, l'aiguille devra correspondre sur l'échelle graduée à la tension maximum autorisée. Il conviendra d'ailleurs de s'assurer, par expérience, de l'exactitude de la graduation des échelles dans toute l'étendue de leurs indications.

On pourra encore vérifier la charge des soupapes au moyen d'un manomètre, en examinant à quelle pression la soupape laisse échapper l'eau ou la vapeur.

Il importe de signaler à l'attention des constructeurs l'influence que peuvent exercer, sur le résultat de ces diverses opérations, l'étendue et l'état de la surface de recouvrement d'une surface quelconque.

Suivant que le disque mobile repose sur sa circonférence intérieure ou extérieure, la pression de la vapeur ou de l'eau produit sur celui-ci un effort plus ou moins grand. Or, la charge étant calculée d'après le diamètre intérieur, il conviendra non-seulement de réduire autant que possible la largeur du recouvrement, mais encore de roder les disques sur leur siége, de manière qu'ils s'y appliquent exactement suivant cette circonférence intérieure.

On se rappellera, d'ailleurs, que les soupapes, pour avoir le degré de sensibilité desirable, doivent satisfaire aux conditions suivantes :

Le disque doit s'appuyer sur son siége, suivant une surface plane, ou, pour les cas exceptionnels où cette disposition est permise, suivant une surface conique peu inclinée ;

Son axe doit se confondre exactement avec celui de la tubulure ;

Il doit être guidé par trois ailettes ou par une tige exactement dressée.

Si le poids agit directement sur la soupape, il doit être guidé de manière à éviter tout frottement sensible lorsque la soupape se soulève.

Si le poids agit par l'intermédiaire d'un levier, celui-ci doit être monté avec soin et jouer librement autour de son point de rotation, dans un plan vertical passant par l'axe de la tubulure.

Dans les deux cas, le point d'application de la charge sur la soupape doit être au centre de celle-ci.

Enfin, l'on devra veiller à ce que le mouvement de rotation du levier n'empêche point la soupape de se soulever verticalement et parallèlement à elle-même.

§ 2. *Indicateurs du niveau de l'eau.*

Toute chaudière doit être munie d'un tube en verre pour indiquer le niveau de l'eau, d'un flotteur d'alarme et en outre d'un flotteur ou robinet indicateur.

Le porte-tube sera construit de manière à permettre de remplacer facilement le verre et de nettoyer les tubulures communiquant avec la chaudière tant au-dessus qu'au-dessous du niveau de l'eau.

En conséquence, ces tubulures porteront chacune un robinet destiné à isoler l'appareil de la chaudière, dans le cas où le tube viendrait à se briser.

Le tube en verre sera appliqué au-devant du fourneau, et ses indications devront s'étendre pour le moins à 15 centimètres au-dessus et au-dessous de la hauteur normale du niveau.

La hauteur au-dessous de laquelle le niveau ne devra pas descendre, est limitée à 10^{cm} au-dessus du point le plus élevé de la chaudière ou des conduits, qui se trouve chauffé par la flamme ou la fumée. Elle sera indiquée par une aiguille ou toute autre marque fixée invariablement au porte-tube.

Il conviendrait même d'y ajouter une échelle graduée, d'après laquelle le chauffeur pourrait se guider.

L'emploi d'un flotteur d'alarme a été rendu obligatoire, parce que l'abaissement du niveau de l'eau au-dessous des parties échauffées de la chaudière, peut donner lieu à des accidents graves, et qu'il est prudent de se mettre en garde contre la négligence ou l'incurie d'un chauffeur, par un signal qui puisse être entendu de toutes les personnes intéressées.

Cet appareil, construit avec soin, est d'un effet certain. Il doit être placé de manière que la vapeur ne puisse s'échapper que lorsque l'eau est descendue à cinq centimètres au-dessous de la limite inférieure assignée à son niveau. Il importe, à cet égard, d'appeler toute l'attention des propriétaires sur l'inconvénient qu'il y aurait à ne pas soustraire les flotteurs d'alarme aux bouil-

lonnements de l'eau dans la chaudière, attendu que l'agitation qu'ils en éprouveraient pouvant déterminer l'action intempestive et souvent répétée du sifflet, on s'habituerait à ce bruit et il deviendrait difficile de distinguer le moment où l'avertissement est sérieux. Ce défaut doit être soigneusement évité, en maintenant le flotteur dans une eau tranquille et qui affecte en tout temps le niveau moyen du liquide contenu dans la chaudière.

Les tubes en verre étant sujets à se rompre, il est bon de pouvoir constater la hauteur du niveau de l'eau dans la chaudière, au moyen d'un autre appareil. L'arrêté laisse au fabricant le choix entre les robinets et les flotteurs indicateurs.

Si l'on fait usage de robinets, on en fixera un à la hauteur normale de l'eau dans la chaudière, et les deux autres à cinq centimètres au-dessus et au-dessous de celui-ci ; ils seront construits et disposés de manière à pouvoir être facilement débarrassés des incrustations.

Si l'on emploie un flotteur, il devra être placé à l'extrémité de la chaudière, en vue du chauffeur et de telle sorte que le levier soit dans une position horizontale lorsque le niveau se trouve à sa hauteur normale. Une aiguille indiquera sur une échelle les variations du niveau.

Pour que le chauffeur observe plus commodément les variations du niveau, on pourra attacher à l'extrémité du levier un cordon ramené par de petites poulies de renvoi sur le devant du fourneau, où il portera un poids ou une lentille servant d'index : le mouvement du flotteur sera évidemment transmis à celui-ci, et il suffira d'y appliquer une échelle graduée pour connaître exactement le niveau de l'eau.

On s'assurera que le fil auquel est suspendu le flotteur joue librement et sans trop de frottement dans sa boîte à étoupe, et que rien n'empêche le flotteur de suivre les mouvements du niveau.

Rien n'étant plus à craindre pour une chaudière qu'un abaissement du niveau de l'eau au-dessous de la partie chauffée par la flamme, il importe d'examiner avec le plus grand soin tous les appareils destinés à accuser la hauteur de l'eau dans la chaudière, pour s'assurer de leur bonne exécution et de l'efficacité de leur action.

§ 3. *Manomètres.*

Le manomètre étant destiné à accuser en tout temps la pression dans la chaudière, le tuyau à vapeur qui en règle les indications devra être fixé immédiatement à la partie supérieure de cette chaudière.

Ce tube doit être assez large et convenablement disposé pour être garanti de toute chance d'obstruction.

Quant au tube manométrique, il aura au moins cinq millimètres de diamètre intérieur, et sa hauteur ne pourra dépasser de 38 centimètres celle à laquelle correspond la tension maximum autorisée d'après l'épreuve. Ainsi n représentant la tension maximum de la vapeur $(n-1)\ 0,75+0,38$ sera la hauteur maximum que pourra atteindre la colonne de mercure.

L'exactitude de la graduation de l'échelle se vérifie facilement en s'assurant que les unités d'atmosphères sont convenablement distancées et que le zéro correspond au niveau du mercure, lorsque la pression est nulle, c'est-à-dire quand la tension dans la chaudière est simplement égale à la pression atmosphérique. On trouvera dans la note ci-jointe (annexe n° VIII) la description d'un manomètre à air libre, à cuvette et à tube de verre, qui a l'avantage d'être d'une construction et d'une vérification faciles.

Pour les machines locomobiles, l'arrêté autorise l'emploi de manomètres à air comprimé ou de thermomanomètres.

Ces derniers instruments, quoique très-exacts et très-sensibles, lorsqu'ils sont construits avec tous les soins nécessaires, sont d'un usage moins convenable que les manomètres à air libre, parce que les indications se voient moins bien et que leur fragilité les rend peu propres à un usage habituel dans les mains des ouvriers machinistes. Leur vérification peut se faire par des manomètres étalons.

Si l'on n'a pas eu la précaution de construire les manomètres à air comprimé de manière à absorber l'oxygène de l'air, le mercure s'oxyde, et le tube en verre se ternit au point de ne plus permettre de distinguer la surface du mercure.

Dans ce cas, il convient de faire réformer le manomètre, attendu qu'il pourrait induire les chauffeurs en erreur.

§ 4. *Appareils d'alimentation.*

L'arrêté ne prescrit pas d'une manière formelle l'espèce d'appareil alimentaire dont les chaudières doivent être munies. Il re-

commande seulement qu'il soit d'un effet certain, donnant autant que possible l'eau d'un jet continu et de manière à compenser à coup sûr les effets de la vaporisation.

Ces conditions sont essentielles et devront être remplies soigneusement.

Le jeu des pompes, qui est l'appareil alimentaire le plus souvent employé, est ordinairement intermittent; mais les coups de piston se succédant régulièrement et à des intervalles assez courts, il suffit, lorsque la pompe fonctionne bien, pour maintenir l'eau dans la chaudière à un niveau à peu près constant.

Il convient que la pompe soit munie d'un robinet d'épreuve qui dénote si elle opère convenablement (1).

§ 5. *Chaudières multiples.*

L'arrêté prescrit (art. 18) que les chaudières multiples, c'est-à-dire celles qui fournissent de la vapeur à une même conduite, soient munies des mêmes appareils de sûreté que celles qui travaillent isolément. Ainsi, chaque chaudière sera pourvue d'un manomètre qui accusera la pression de la vapeur dans l'intérieur.

Néanmoins, si toutes les chaudières réunies ne doivent jamais fonctionner ensemble, on disposera les choses de manière qu'un même manomètre puisse servir alternativement à plusieurs chaudières.

Dans aucun cas, les manomètres ne devront être établis sur des conduits dans lesquels la vapeur est en mouvement (art. 16).

CHAPITRE III.

MATÉRIAUX ET ÉPAISSEUR DES PAROIS DES CHAUDIÈRES.

Le fer et le cuivre laminés sont les seuls matériaux autorisés pour la confection des chaudières dans lesquelles la vapeur doit agir à une tension de plus d'une atmosphère.

Lorsque les parois des chaudières sont d'une faible épaisseur et que l'eau peut les refroidir convenablement, elles ne sont que peu altérées par la flamme.

Si, au contraire, leur épaisseur est très-forte et que la tempé-

(1) Entre autres dispositions recommandables, on peut citer celle qui consiste à effectuer l'alimentation à l'aide de pompes foulantes noyées, opérant sur de l'eau froide qui n'est échauffée qu'ensuite, dans le trajet des pompes à la chaudière, au moyen de la vapeur qui a produit son effet dans le cylindre.

rature s'élève considérablement, il se forme des soufflures aux parties imparfaitement soudées ; le métal se brûle et ne tarde pas à se gercer.

C'est surtout aux jonctions des tôles entre elles ou avec les cornières que ces accidents se manifestent, et ils sont d'autant plus à craindre que les tôles épaisses offrent généralement moins de garanties d'une bonne fabrication ; l'arrêté a donc limité à douze millimètres l'épaisseur à donner aux tôles, sauf les parties planes des chaudières du système tubulaire, pour lesquelles une plus forte épaisseur peut être nécessaire.

Pour les chaudières de forme cylindrique, la table A, ou la formule $e = 1{,}8\ d\,(n-1) + 3$, fixe l'épaisseur à donner aux tôles, lorsque le diamètre et la tension sont déterminés. Ainsi, le diamètre d'une chaudière étant de 1 mètre et la tension de la vapeur de 4 atmosphères, on aura pour l'épaisseur en millimètres : $e = 1{,}8\left(1\,(4-1)\right) + 3 = 8^{mm}4.$

Si la chaudière se compose de plusieurs parties cylindriques, de diamètres différents, comme cela a lieu pour les chaudières avec tubes bouilleurs, on déterminera de la même manière l'épaisseur à donner à chacune d'elles.

Soit une chaudière de 1 mètre de diamètre, dans laquelle la vapeur doit agir à une tension de 4 atmosphères, le diamètre de ses tubes bouilleurs étant de $0^{m}30$, on aura pour l'épaisseur de la partie principale de la chaudière comme ci-dessus :

$$e = 1{,}8 \times 1\,(4-1) + 3 = 8^{mm}4.$$

et pour celle des 3 tubes bouilleurs :

$$e = 1{,}8 \times 0{,}3\,(4-1) + 3 = 4^{mm}6.$$

En proportionnant convenablement le nombre de chaudières, on pourra toujours, la pression étant déterminée, leur donner un diamètre qui n'entraîne pas à une épaisseur de tôles plus forte que celle qui est fixée par l'arrêté.

Lorsque la chaudière contient des parties planes ou des tubes servant de conduits à la flamme, qui sont soumis à une pression du dehors au dedans, aucune formule générale ne peut plus être prescrite pour régler les épaisseurs des tôles.

Dans ce cas, on donnera aux parois l'épaisseur nécessaire pour résister à l'épreuve, sans toutefois dépasser douze millimètres, et on les renforcera au besoin par des armatures en fer.

Enfin, pour les chaudières des locomotives ou pour celles qui seraient construites comme elles, d'après un système tubulaire, l'arrêté autorise, dans les parties planes, l'emploi de tôles plus fortes (art. 22), afin que l'on puisse y fixer les tubes.

Sauf ces cas, les tôles d'une grande épaisseur doivent être rejetées.

Les épaisseurs déterminées par la table, pour les parois des chaudières cylindriques, offrent suffisamment de résistance pour supporter la pression autorisée. Cette résistance étant, toutefois, considérablement diminuée à la rivure des tôles, il convient de distribuer les joints autant que possible de manière qu'ils ne se trouvent pas sur une même ligne, d'espacer également les rivets, et de les rapprocher autant que possible, sans cependant que, dans aucun cas, leur diamètre dépasse la distance qui les sépare entre eux et de l'extrémité des tôles.

CHAPITRE IV.

ÉPREUVES DES CHAUDIÈRES ET AUTRES PIÈCES DES MACHINES A VAPEUR.

Les chaudières dans lesquelles la vapeur doit agir à une pression de plus d'une atmosphère, ne pourront être mises en usage que lorsqu'elles auront subi une pression d'épreuve triple de celle qui sera autorisée pour la vapeur.

Les différentes pièces de machines, dans lesquelles la vapeur doit circuler, seront soumises à la même épreuve, toutes les fois que leur construction ou l'épaisseur des parois laissera des doutes sur leur solidité.

L'épreuve pourra se faire, soit chez le fabricant, soit chez le propriétaire ; mais, dans ce dernier cas, avant que la chaudière ne soit entourée de sa maçonnerie, afin que l'ingénieur puisse aisément reconnaître les défauts que l'épreuve mettrait à découvert.

Les demandes d'épreuves sont adressées au gouverneur qui les transmet à l'ingénieur chargé de la surveillance des machines à vapeur.

Les demandes doivent rappeler les dimensions principales de la chaudière, la surface de chauffe et les épaisseurs des parois.

L'arrêté prescrit de ne faire subir l'épreuve aux chaudières de forme cylindrique qu'à une pression triple de celle qui correspond à l'épaisseur des parois et au diamètre.

L'ingénieur déterminera donc d'abord cette limite par la table des épaisseurs ou par la formule :

$$e = 1{,}8\,d(n-1) + 3,$$

qui donne $$n = 1 + \frac{e-3}{1{,}8\,d}.$$

C'est cette tension, lorsqu'elle sera moindre que la tension demandée, qu'il prendra pour base de l'épreuve.

Si cependant la chaudière se composait de plusieurs parties cylindriques, et si le calcul de la tension correspondant au diamètre et à l'épaisseur de l'une d'elles donnait un résultat encore moindre, c'est d'après la plus faible des tensions calculées que l'épreuve devrait se régler.

L'épaisseur des tôles peut s'observer aux tubulures des soupapes, ou bien en perçant de petits trous de cinq millimètres, que l'on bouche ensuite par des vis.

Après cette vérification, l'ingénieur procédera à l'épreuve. Si n exprime en atmosphères la tension de la vapeur à l'intérieur de la chaudière, la pression d'épreuve sera $3(n-1)$ atmosphères.

Après avoir fait remplir la chaudière d'eau et fermer toutes les ouvertures par lesquelles celle-ci pourrait s'échapper, on réglera la charge d'une des soupapes, d'après le mode indiqué, pour qu'elle ne s'ouvre qu'à la pression d'épreuve.

Si la chaudière n'était pas encore munie de ses soupapes, on se réglerait d'après un manomètre ou d'après une soupape placée sur la pompe de pression.

On fera alors manœuvrer la pompe régulièrement et sans secousse, jusqu'à ce que l'eau jaillisse par l'ouverture de la soupape en nappe continue.

L'ingénieur examinera avec le plus grand soin, pendant cette

pération, l'extérieur de la chaudière pour en découvrir tous s défauts, et notamment les fuites qui apparaissent le plus souent aux rivures, à la jonction du corps de la chaudière avec les ıbes bouilleurs et à travers les fentes ou gerçures du métal.

L'ingénieur portera particulièrement son attention sur les haudières ayant des parties planes ou des tubes intérieurs serant de conduits à la fumée, et s'assurera si ces parties ne cèdent as d'une manière sensible sous la pression.

On déterminera facilement la déformation des tôles en appliuant une règle contre les parties planes ; de même qu'en plaçant eux règles l'une contre l'autre, et appuyant leurs extrémités pposées aux parois qui tendent à se rapprocher, on jugera de ı flexion de ces parois par la quantité dont ces deux règles uront glissé l'une sur l'autre pendant l'épreuve.

La pression d'épreuve des chaudières des locomotives ne doit tre que de la moitié en sus de la pression d'usage.

Ainsi, la tension maximum, exprimée en atmosphères, étant n, ı pression d'épreuve sera $(n-1)+\frac{n-1}{2}$ atmosphères.

Les chaudières construites d'après un système tubulaire semable à celui des locomotives, doivent subir une pression d'éeuve double de celle à laquelle elles doivent fonctionner.

Cette épreuve aura donc lieu à une pression de $2(n-1)$ mosphères.

L'épreuve se fera du reste de la même manière à l'eau froide.

Les foyers de ces chaudières se composant de parties planes, observera avec soin, pendant l'épreuve, si les parois ne cèdent s, surtout à la partie supérieure.

Les fuites qui se présentent ordinairement aux rivures, aux semblages des tôles et aux tubes bouilleurs des locomotives n'ont néralement pas d'effets nuisibles, et disparaissent presque ujours au bout de peu de temps. Si elles semblaient trop fortes, ı devrait rematter les joints après avoir laissé écouler l'eau de chaudière, et s'assurer ensuite de l'efficacité de la réparation en nouvelant l'épreuve.

Lorsqu'une chaudière aura subi l'épreuve et que l'ingénieur 'aura découvert aucun défaut, il y fera appliquer le timbre à la artie la plus apparente ; à cet effet, il fera fixer une plaque de

cuivre de huit centimètres de long sur cinq de large, au moyen de quatre vis dont les têtes seront arasées à fleur de la plaque, de manière à effacer complétement les traces de la fente. Chaque tête de vis sera ensuite frappée d'un poinçon d'un diamètre un peu plus grand que celui de cette tête. Enfin, l'ingénieur fera également marquer au poinçon sur la plaque, en atmosphères et demi-atmosphères, le tiers de la pression d'épreuve.

Après cette opération, l'ingénieur examinera tous les appareils de sûreté pour s'assurer s'ils se trouvent dans les conditions prescrites ; il vérifiera les soupapes, fera appliquer les poinçons sur les poids et les leviers, et dressera son procès-verbal d'après le modèle ci-joint. (Annexes n° II ou n° IV.)

Si l'épreuve se faisait chez le fabricant, et que la chaudière ne fût pas munie de tous ses appareils de sûreté, l'ingénieur ne constaterait dans le procès-verbal que le résultat de l'essai, sauf à compléter l'épreuve lors de la mise en usage. Si une chaudière ne résiste pas à l'épreuve, l'ingénieur signalera au procès-verbal les défauts constatés, en indiquera les causes et proposera les moyens d'y remédier.

Si une chaudière, quoiqu'ayant résisté à l'épreuve, présentait des vices de construction de nature à faire craindre des accidents ou des inconvénients graves, l'ingénieur en ferait également mention au procès-verbal et donnerait ses conclusions en conséquence.

Lorsqu'une chaudière ne sera pas destinée à fonctionner dans la province où l'épreuve a eu lieu, le gouverneur enverra une copie du procès-verbal à son collègue de la province où l'appareil sera établi.

CHAPITRE V.

DE LA SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Les ingénieurs chefs de service et leurs délégués veilleront à ce que les mesures prescrites soient ponctuellement observées et que tous les appareils de sûreté soient entretenus en bon état.

Ils porteront leur attention et appelleront, au besoin, celle des propriétaires des machines, sur l'intelligence, la capacité, l'activité et l'assiduité du machiniste et du chauffeur.

Ils éclaireront ceux-ci de leurs conseils. Ils tiendront la main à ce que les dépôts, dans l'intérieur des chaudières, soient fréquemment enlevés, et feront comprendre combien il est important, pour la conservation des parois, de prendre des mesures pour empêcher ces incrustations de se former et surtout de se consolider, comme aussi d'éviter l'emploi d'eaux corrosives (a).

Ils s'assureront que les foyers et les conduits de la fumée sont entretenus libres et en bon état; que les précautions sont observées pour éviter qu'il s'y forme des mélanges détonnants; que toutes les mesures nécessaires sont prises pour empêcher l'écrasement éventuel de la chaudière par la pression atmosphérique; enfin, qu'il est remédié aux fuites qui se présentent souvent aux rivures.

Ils enregistreront toutes leurs visites et dresseront des procès-verbaux de celles qui donneraient lieu à quelque observation importante, ou à des épreuves de chaudières ou autres pièces de machines.

Ils constateront également par procès-verbal les contraventions et les accidents; ils enverront des copies de chaque procès-verbal au gouverneur de la province et au ministre des travaux publics.

Lorsqu'ils auront du doute sur la solidité d'un appareil ou de quelqu'une de ses parties essentielles, ils en feront mention au procès-verbal et provoqueront auprès du gouverneur de nouvelles épreuves ou les réparations nécessaires.

(a) A défaut de pouvoir disposer d'eaux suffisamment pures, la pratique est en possession de divers procédés, les uns pour corriger les propriétés corrosives de certaines eaux, les autres pour empêcher la formation de dépôts incrustants; parmi ces derniers, on peut citer le suivant, qui est dû à M. Chandelon, professeur de chimie industrielle à l'école des mines de Liége. Composition :

5 kil. de sang de boucherie;
2 kil. 50 sel de soude (carbonate);
2 kil. 50 fécule de pommes de terre.

Dissoudre à une douce chaleur le carbonate de soude dans le sang, puis y mêler la fécule; on obtient, par le refroidissement, une masse rouge, pulvérulente. Cette quantité suffit avec des eaux moyennement impures, pour une machine de soixante chevaux pendant une quinzaine.

Le carbonate de soude décompose les sels; les carbonates produits sont tenus en suspension par la fécule et surtout par l'albumine du sang; l'adhérence au fond est ainsi empêchée.

S'ils reconnaissaient quelque cause de péril imminent, ils inviteraient le propriétaire à suspendre l'emploi de l'appareil et en rendraient compte, sans retard, au gouverneur. En cas de refus du propriétaire de se conformer à cette injonction, ils remettraient à l'autorité chargée de la police locale, un réquisitoire tendant à l'interdiction provisoire de l'appareil et feraient immédiatement rapport de ces circonstances au gouverneur, en lui adressant telles propositions que le cas peut exiger.

Les chefs de service tiendront constamment au courant un registre conforme au modèle adopté par l'administration (annexe n° VII) : ils y consigneront toutes les observations relatives aux appareils établis dans leur ressort.

Bruxelles, le 15 novembre 1846.

Le ministre des travaux publics,
DE BAVAY.

Annexe n° 1.

Modèle d'ordonnance d'autorisation pour l'établissement de l'appareil.

PROVINCE
DE

MACHINES
A VAPEUR
FIXES
ET
LOCOMOBILES.

La députation permanente du conseil provincial de

Vu, avec les plan et dessin y annexés, la demande du sieur sollicitant l'autorisation d'établir à vapeur dans à

Vu l'arrêté royal du 15 novembre 1846;

Vu, avec le procès-verbal de l'enquête de *commodo et incommodo*, les avis du collége des bourgmestre et échevins de la commune de , du commissaire d'arrondissement et du fonctionnaire chef de service des machines à vapeur;

Arrête :

ART. 1er. Le sieur est autorisé, sous les conditions ci-après, à établir dans , commune de , machine à vapeur de la force de chevaux, chaudière à vapeur d'une capacité de mètres cubes, destinée à fonctionner à une pression de atmosphères.

ART. 2. chaudière ser placée dans le local désigné au plan ci-annexé, dûment approuvé par nous; elle ser isolée du voisinage vers par un mur de

ART. 3. Le permissionnaire est tenu de laisser visiter, en tout temps, ses appareils par les agents chargés de la surveillance des machines à vapeur, et d'informer le gouverneur du moment où il sera possible de procéder à toutes les épreuves et vérifications qui resteraient à faire.

ART. 4. La mise en usage de ces appareils devra être précédée d'une autorisation spéciale, qui ne sera délivrée par le gouverneur que sur le vu d'un procès-verbal dressé par le fonctionnaire chargé de la surveillance des machines à vapeur, et constatant que toutes les dispositions prescrites ont été ponctuellement observées, et notamment :

a. Que chaudière et les autres pièces composant l'appareil ont subi, sans altération, les épreuves voulues;

b. Que chaudière est munie des soupapes de sûreté, du tube en verre indicateur du niveau, du flotteur d'alarme, d'un autre flotteur ou d'un robinet indicateur et d'un manomètre à mercure à air libre;

c. Que chaudière est alimentée d'eau directement et par un appareil d'un effet assuré.

Le tout conformément aux prescriptions de l'arrêté royal précité et de l'instruction de M. le ministre des travaux publics, en date du 15 novembre 1846.

Art. 5. Toute contravention à la présente ordonnance sera poursuivie, conformément aux lois et à l'arrêté royal du 15 novembre 1846, et l'autorisation pourra être suspendue ou révoquée.

Art. 6. Expédition du présent sera adressée au ministre des travaux publics, au permissionnaire et au fonctionnaire chef de service pour les machines à vapeur.

Fait en séance, le

Annexe n° II.

Modèle de procès-verbal de visite et d'épreuve.

PROVINCE
DE

MACHINES
A VAPEUR
FIXES
ET
LOCOMOBILES.

N.°

soussigné
déclare avoir procédé le
conformément à l'ordre de M.
en date du
à la visite de
établie à
et à l'épreuve de

DESCRIPTION DE LA CHAUDIÈRE.

Forme et système.

Dimensions. { Longueur. / Diamètre ou { Largeur. / Hauteur.

Matière et épaisseur des parois.

Tubes bouilleurs. { Nombre. / Longueur. / Diamètre.

Matière et épaisseur des parois.

Capacité de la chaudière et de ses tubes bouilleurs.

Pression maximum par centimètre carré.

Surface de chauffe { au foyer. / dans les conduits.

SOUPAPES de SURETÉ.	Surface	N° 1.
		N° 2.
	Mode d'application de la charge. .	N° 1.
		N° 2.
	Longueur du petit bras de levier.	N° 1.
		N° 2.
	Longueur du grand bras de levier	N° 1.
		N° 2.
	Poids du disque	N° 1.
		N° 2.
	Effort du levier sur la soupape . .	N° 1.
		N° 2.
	Poids à appliquer.	N° 1.
		N° 2.
	Charge totale	N° 1.
		N° 2.

(Le n° 1 s'entend de la soupape accessible, et le n° 2 de la soupape inaccessible.)

Manomètre .

Mode d'alimentation.

Indication du niveau de l'eau.

Nom et domicile du constructeur.

DESCRIPTION DE LA MACHINE.

Système.

Diamètre d cylindre.

Course d piston.

Nombre de coups doubles par minute (en moyenne).

Force en chevaux.

Destination de la machine.

Nom et domicile du constructeur et marque de fabrique.

DESCRIPTION ET RÉSULTAT DE L'ÉPREUVE.

Pression d'épreuve.

Moyen employé pour la produire.

Observations faites pendant l'opération.

Annexe n° III.

Modèle d'ordonnance d'autorisation pour la mise en usage.

PROVINCE
DE

MACHINES
A VAPEUR
FIXES
ET
LOCOMOBILES.

Le gouverneur d
Revu l'arrêté de la députation permanente du conseil provincial de , en date du , qui accorde au sieur l'autorisation conditionnelle d'établir à vapeur dans , commune de

Vu le procès-verbal d'inspection et d'épreuve de ladite à vapeur et de ses dépendances, dressé duquel il résulte que toutes les conditions préalables à la mise en usage ont été observées;

Arrête :

ART. 1er. Le sieur est autorisé à mettre en usage l'appareil à vapeur décrit dans le procès-verbal de visite et d'épreuve, n° , dressé le par le sieur , à charge de maintenir en parfait état d'entretien et sans y apporter aucune modification, les divers appareils de sûreté mentionnés audit procès-verbal.

ART. 2. Le permissionnaire sera tenu :

De permettre en tout temps la visite de ses appareils aux agents chargés de la surveillance des machines à vapeur;

D'informer le gouverneur de tous changements ou de toutes réparations essentielles qu'il croirait devoir faire à ces appareils;

D'informer immédiatement, en cas d'accident, le bourgmestre de la commune et le fonctionnaire chef de service pour les machines à vapeur, en laissant soigneusement, jusqu'à ce que ce dernier en ait pris acte, toutes les parties qui auraient été déplacées, dans l'état où elles se trouvaient après l'événement, sauf ce qui serait nécessaire pour secourir les victimes ou pour prévenir de nouveaux malheurs;

De se conformer, en tous points, aux dispositions de l'arrêté royal du 15 novembre 1846, à celles de l'instruction ministérielle du même jour et à celles qui pourraient être prescrites ultérieurement.

Art. 3. Toute contravention à la présente ordonnance sera poursuivie conformément aux lois et à l'arrêté royal précité, et l'autorisation pourra être suspendue ou révoquée.

Art. 4. Expédition de la présente autorisation de mise en usage sera adressée au ministre des travaux publics, au permissionnaire et au fonctionnaire chef de service pour les machines à vapeur.

Fait à le



Annexe n° IV.

Modèle de procès-verbal de visite et d'épreuve.

PROVINCE
DE
____
LOCOMOTIVES.
____
N°

soussigné
déclare avoir procédé le
conformément à l'ordre de M.
en date du
à la visite et à l'épreuve de la locomotive ci-apr
et de sa chaudière

DESCRIPTION DE LA CHAUDIÈRE.

Forme et système.

Dimensions. { Longueur.
Diamètre.

Matière et épaisseur des parois.

Tubes. { Nombre.
Longueur.
Diamètre.

Matière et épaisseur des parois des tubes.

Capacité de la chaudière.

Pression maximum par centimètre carré.

Surface de chauffe { au foyer.
dans les conduits.

SOUPAPES DE SURETÉ.	Surface	N° 1.
		N° 2.
	Mode d'application de la charge.	N° 1.
		N° 2.
	Longueur du petit bras de levier.	N° 1.
		N° 2.
	Longueur du grand bras de levier.	N° 1.
		N° 2.
	Poids du disque	N° 1.
		N° 2.
	Effort du levier sur la soupape.	N° 1.
		N° 2.
	Charge totale	N° 1.
		N° 2.
	(Le n° 1 s'entend de la soupape accessible, et le n° 2 de la soupape inaccessible.)	

Manomètre.

Mode d'alimentation.

Indication du niveau de l'eau.

DESCRIPTION DE LA LOCOMOTIVE.

N° d'ordre.
N° de fabrique.

Nom.
Poids.
Nombre et diamètre des roues motrices.
Système.
Diamètre des cylindres.
Course des pistons.
Nombre de coups doubles par minute (en moyenne).
Force en chevaux.
Nom et domicile du constructeur.

DESCRIPTION DE L'ÉPREUVE.

Pression d'épreuve.
Moyen employé pour la produire.

Observations faites pendant l'opération.

Annexe n° v.

Modèle d'ordonnance d'autorisation pour la mise en usage.

PROVINCE DE ———— LOCOMOTIVES.

Le gouverneur

Vu la demande d'autorisation pour la mise en service de

Vu le procès-verbal d'inspection et d'épreuve de ladite locomotive dressé duquel il résulte que toutes les conditions préalables à la mise en usage ont été observées;

Arrête:

ART. 1er. Le sieur autorisé à mettre en usage la locomotive décrite dans le procès-verbal de visite et d'épreuve n° dressé par le sieur , à charge de maintenir en parfait état d'entretien et sans y apporter aucune modification, les divers appareils de sûreté mentionnés audit procès-verbal.

ART. 2. Le permissionnaire sera tenu :

De permettre en tout temps la visite de ses appareils aux agents chargés de la surveillance des machines à vapeur;

D'informer le gouverneur de tous changements ou de toutes réparations essentielles qu'il croirait devoir faire à ces appareils;

D'informer immédiatement, en cas d'accident, le bourgmestre de la commune où l'accident a eu lieu et le fonctionnaire chef de service pour les machines à vapeur, en laissant soigneusement, jusqu'à ce que ce dernier en ait pris acte, toutes les parties qui auraient été détériorées, dans l'état où elles se trouvaient après l'événement, sauf ce qui serait nécessaire pour secourir les victimes ou pour prévenir de nouveaux malheurs;

De se conformer, en tous points, aux dispositions de l'arrêté royal du 15 novembre 1846, à celles de l'instruction ministérielle du même jour et à celles qui pourraient être prescrites ultérieurement.

ART. 3. Toute contravention à la présente ordonnance sera poursuivie conformément aux prescriptions de l'arrêté royal précité, et l'autorisation pourra être suspendue ou révoquée.

ART. 4. Expédition de la présente autorisation sera adressée au ministre des travaux publics, au permissionnaire et au fonctionnaire chef de service pour les machines à vapeur.

Fait à le

ANNEXE N° VI. (*Suite.*)

Diamètre de l'orifice recouvert par la soupape (en centimètres).	TENSION DE LA VAPEUR DANS LA CHAUDIÈRE.							OBSERVATIONS.
	1 ½ Atm.	2 Atm.	3 Atm.	4 Atm.	5 Atm.	6 Atm.	7 Atm.	
6,0	14,60	29,21	58,41	87,62	116,83	146,03	175,24	
6,1	15,09	30,19	60,38	90,57	120,76	150,94	181,33	
6,2	15,59	31,19	62,37	93,56	124,75	155,93	187,12	
6,3	16,10	32,20	64,40	96,60	128,80	161,00	193,21	
6,4	16,61	33,23	66,46	99,69	132,92	166,15	199,39	
6,5	17,14	34,28	68,56	102,83	137,11	171,39	205,67	
6,6	17,67	35,34	70,68	106,02	141,36	176,70	212,03	
6,7	18,21	36,42	72,84	109,26	145,68	182,10	218,52	
6,8	18,76	37,51	75,03	112,54	150,06	187,57	225,09	
6,9	19,31	38,63	77,25	115,88	154,51	193,13	231,76	
7,0	19,88	39,75	79,51	119,26	159,02	198,77	238,52	
7,1	20,45	40,90	81,80	122,69	163,59	204,49	245,39	
7,2	21,03	42,06	84,12	126,18	168,24	210,29	252,35	
7,3	21,62	43,23	86,47	129,70	172,94	216,17	259,41	
7,4	22,21	44,43	88,86	133,28	177,71	222,14	266,57	
7,5	22,82	45,64	91,27	136,91	182,55	228,18	273,82	
7,6	23,43	46,86	93,72	140,59	187,45	234,31	281,17	
7,7	24,05	48,10	96,21	144,31	192,41	240,51	288,62	
7,8	24,68	49,36	98,72	148,08	197,44	246,80	296,16	
7,9	25,32	50,63	101,27	151,90	202,54	253,17	303,80	
8,0	25,96	51,92	103,85	155,77	207,70	259,62	311,54	
8,1	26,61	53,23	106,46	159,69	212,92	266,15	319,38	
8,2	27,28	54,55	109,11	163,66	218,21	272,76	327,32	
8,3	27,95	55,89	111,78	167,68	223,57	279,46	335,35	
8,4	28,62	57,25	114,49	171,74	228,98	286,23	343,48	
8,5	29,31	58,62	117,24	175,85	234,47	293,09	351,71	
8,6	30,00	60,00	120,01	180,01	240,02	300,02	360,03	

ANNEXE N° VI. (*Suite.*)

Diamètre de ... couvert par la soupape (en centimètres).	TENSION DE LA VAPEUR DANS LA CHAUDIÈRE.							OBSERVATIONS.
	1 1/2 Atm.	2 Atm.	3 Atm.	4 Atm.	5 Atm.	6 Atm.	7 Atm.	
8,7	30,70	61,41	122,82	184,23	245,64	307,04	368,45	
8,8	31,41	62,83	125,66	188,48	251,31	314,14	376,97	
8,9	32,13	64,26	128,53	192,79	257,06	321,32	385,58	
9,0	32,86	65,72	131,43	197,15	262,87	328,58	394,30	
9,1	33,59	67,18	134,37	201,55	268,74	335,92	403,11	
9,2	34,33	68,67	137,34	206,01	274,68	343,35	412,02	
9,3	35,08	70,17	140,34	210,51	280,68	350,85	421,03	
9,4	35,84	71,69	143,38	215,06	286,75	358,44	430,13	
9,5	36,61	73,22	146,44	219,66	292,88	366,10	439,33	
9,6	37,38	74,77	149,54	224,31	299,08	373,85	448,63	
9,7	38,17	76,34	152,67	229,01	305,35	381,68	458,02	
9,8	38,96	77,92	155,84	233,76	311,68	389,59	467,51	
9,9	39,76	79,52	159,03	238,55	318,08	397,59	477,11	
10,0	40,57	81,13	162,26	243,40	324,53	405,66	486,79	
10,1	41,38	82,76	165,52	248,29	331,05	413,81	496,57	
10,2	42,20	84,41	168,82	253,23	337,64	422,04	506,45	
10,3	43,04	86,07	172,15	258,22	344,29	430,36	516,44	
10,4	43,87	87,75	175,50	263,26	351,01	438,76	526,51	
10,5	44,72	89,45	178,90	268,34	357,79	447,24	536,69	
10,6	45,58	91,16	182,32	273,48	364,64	455,79	546,95	
10,7	46,44	92,89	185,78	278,66	371,55	464,44	557,33	
10,8	47,32	94,63	189,26	283,90	378,53	473,16	567,79	
10,9	48,20	96,39	192,78	289,18	385,57	481,96	578,35	
11,0	49,08	98,17	196,34	294,51	392,68	490,84	589,01	
11,1	49,98	99,96	199,92	299,89	399,85	499,81	599,77	
11,2	50,88	101,77	203,54	305,32	407,09	508,86	610,63	
11,3	51,80	103,60	207,19	310,79	414,39	517,98	621,58	

ANNEXE N° VI. (*Suite.*)

Diamètre de l'orifice recouvert par la soupape (en centimètres).	TENSION DE LA VAPEUR DANS LA CHAUDIÈRE.							OBSERVATIONS.
	1 1/2 Atm.	2 Atm.	3 Atm.	4 Atm.	5 Atm.	6 Atm.	7 Atm.	
6,0	14,60	29,21	58,41	87,62	116,83	146,03	175,24	
6,1	15,09	30,19	60,38	90,57	120,76	150,94	181,33	
6,2	15,59	31,19	62,37	93,56	124,75	155,93	187,12	
6,3	16,10	32,20	64,40	96,60	128,80	161,00	193,21	
6,4	16,61	33,23	66,46	99,69	132,92	166,15	199,39	
6,5	17,14	34,28	68,56	102,83	137,11	171,39	205,67	
6,6	17,67	35,34	70,68	106,02	141,36	176,70	212,05	
6,7	18,21	36,42	72,84	109,26	145,68	182,10	218,52	
6,8	18,76	37,51	75,03	112,54	150,06	187,57	225,09	
6,9	19,31	38,63	77,25	115,88	154,51	193,13	231,76	
7,0	19,88	39,75	79,51	119,26	159,02	198,77	238,52	
7,1	20,45	40,90	81,80	122,69	163,59	204,49	245,39	
7,2	21,03	42,06	84,12	126,18	168,24	210,29	252,35	
7,3	21,62	43,23	86,47	129,70	172,94	216,17	259,41	
7,4	22,21	44,43	88,86	133,28	177,71	222,14	266,57	
7,5	22,82	45,64	91,27	136,91	182,55	228,18	273,82	
7,6	23,43	46,86	93,72	140,59	187,45	234,31	281,17	
7,7	24,05	48,10	96,21	144,31	192,41	240,51	288,62	
7,8	24,68	49,36	98,72	148,08	197,44	246,80	296,16	
7,9	25,32	50,63	101,27	151,90	202,54	253,17	303,80	
8,0	25,96	51,92	103,85	155,77	207,70	259,62	311,54	
8,1	26,61	53,23	106,46	159,69	212,92	266,15	319,38	
8,2	27,28	54,55	109,11	163,66	218,21	272,76	327,32	
8,3	27,95	55,89	111,78	167,68	223,57	279,46	335,35	
8,4	28,62	57,25	114,49	171,74	228,98	286,23	343,48	
8,5	29,31	58,62	117,24	175,85	234,47	293,09	351,71	
8,6	30,00	60,00	120,01	180,01	240,02	300,02	360,03	

ANNEXE N° VI. (*Suite.*)

(en centimètres).	TENSION DE LA VAPEUR DANS LA CHAUDIÈRE.							OBSERVATIONS.
	1 ½ Atm.	2 Atm.	3 Atm.	4 Atm.	5 Atm.	6 Atm.	7 Atm.	
,7	30,70	61,41	122,82	184,23	245,64	307,04	368,45	
,8	31,41	62,83	125,66	188,48	251,31	314,14	376,97	
,9	32,13	64,26	128,53	192,79	257,06	321,32	385,58	
,0	32,86	65,72	131,43	197,15	262,87	328,58	394,30	
,1	33,59	67,18	134,37	201,55	268,74	335,92	403,11	
,2	34,33	68,67	137,34	206,01	274,68	343,35	412,02	
,3	35,08	70,17	140,34	210,51	280.68	350,85	421,03	
,4	35,84	71,69	143,38	215,06	286,75	358,44	430,13	
,5	36,61	73,22	146,44	219,66	292,88	366,10	439,33	
,6	37,38	74,77	149,54	224,31	299,08	373,85	448,63	
,7	38,17	76,34	152,67	229,01	305,35	381,68	458,02	
,8	38,96	77,92	155,84	233,76	311,68	389,59	467,51	
,9	39,76	79,52	159,03	238,55	318,08	397,59	477,11	
,0	40,57	81,13	162,26	243,40	324,53	405,66	486,79	
,1	41,38	82,76	165,52	248,29	331,05	413,81	496,57	
,2	42,20	84,41	168,82	253,23	337,64	422,04	506,45	
0,3	43,04	86,07	172,15	258,22	344,29	430,36	516,44	
0,4	43,87	87,75	175,50	263,26	351,01	438,76	526,51	
0,5	44,72	89,45	178,90	268,34	357,79	447,24	536,69	
0,6	45,58	91,16	182,32	273,48	364,64	455,79	546,95	
0,7	46,44	92,89	185,78	278,66	371,55	464,44	557,33	
0,8	47,32	94,63	189,26	283,90	378,53	473,16	567,79	
0,9	48,20	96,39	192,78	289,18	385,57	481,96	578,35	
1,0	49.08	98,17	196,34	294,51	392,68	490,84	589,01	
1,1	49,98	99,96	199,92	299.89	399,85	499,81	599,77	
1,2	50,88	101,77	203,54	305,32	407,09	508,86	610,63	
1,3	51,80	103,60	207,19	310,79	414,39	517,98	621,58	

ANNEXE N° VI. (*Suite.*)

Diamètre de l'orifice recouvert par la soupape (en centimètres).	TENSION DE LA VAPEUR DANS LA CHAUDIÈRE.							OBSERVATIONS.
	1 ½ Atm.	2 Atm.	3 Atm.	4 Atm.	5 Atm.	6 Atm.	7 Atm.	
11,4	52,72	105,44	210,88	316,32	421,76	527,19	632,63	
11,5	53,65	107,30	214,59	321,89	429,19	536,48	643,78	
11,6	54,58	109,17	218,34	327,51	436,68	545,85	655,03	
11,7	55,53	111,06	222,12	333,18	444,24	555,30	666,37	
11,8	56,48	112,97	225,94	338,90	451,87	564,84	677,81	
11,9	57,44	114,89	229,78	344,67	459,56	574,45	689,34	
12,0	58,41	116,83	233,66	350,49	467,32	584,15	700,98	
12,1	59,39	118,78	237,57	356,35	475,14	593,92	712,71	
12,2	60,38	120,76	241,51	362,27	483,02	603,78	724,54	
12,3	61,37	122,74	245,49	368,23	490,98	613,72	736,46	
12,4	62,37	124,75	249,50	374,24	498,99	623,74	748,49	
12,5	63,38	126,77	253,54	380,30	507,07	633,84	760,61	
12,6	64,40	128,80	257,61	386,41	515,22	644,02	772,83	
12,7	65,43	130,86	261,71	392,57	523,43	654,28	785,14	
12,8	66,46	132,93	265,85	398,78	531,70	664,63	797,56	
12,9	67,50	135,01	270,02	405,03	540,04	675,05	810,07	
13,0	68,76	137,11	274,22	411,34	548,45	685,56	822,67	
13,1	69,61	139,23	278,46	417,69	556,92	696,15	835,38	
13,2	70,68	141,36	282,73	424,09	565,46	706,82	848,18	
13,3	71,76	143,51	287,03	430,54	574,06	717,57	861,08	
13,4	72,84	145,68	291,36	437,04	582,72	728,40	874,08	
13,5	73,93	147,86	295,72	443,59	591,45	739,31	887,17	
13,6	75,03	150,06	300,12	450,18	600,24	750,30	900,37	
13,7	76,14	152,28	304,55	456,83	609,10	761,38	913,66	
13,8	77,25	154,51	309,01	463,52	618,03	772,53	927,04	
13,9	78,38	156,75	313,51	470,26	627,02	783,77	940,52	
14,0	79,51	159,02	318,04	477,05	636,07	795,09	954,11	
14,1	80,65	161,30	322,60	483,89	645,19	806,49	967,79	
14,2	81,80	163,59	327,19	490,78	654,38	817,97	981,56	

ANNEXE N° VI. (*Suite*).

TENSION DE LA VAPEUR DANS LA CHAUDIÈRE.							OBSERVATIONS.
1 ½ Atm.	2 Atm.	3 Atm.	4 Atm.	5 Atm.	6 Atm.	7 Atm.	
82,95	165,91	331,81	497,72	663,62	829,53	995,44	
84,12	168,28	336,47	504,70	672,94	841,17	1009,41	
85,29	170,58	341,16	511,74	682,32	852,89	1023,47	
86,47	172,94	345,88	518,82	691,76	864,70	1037,64	
87,66	175,32	350,63	525,95	701,27	876,58	1051,90	
88,85	177,71	355,42	533,13	710,84	888,55	1066,27	
90,06	180,12	360,24	540,36	720,48	900,60	1080,72	
91,27	182,55	365,09	547,64	730,18	912,73	1095,28	
92,49	184,99	369,98	554,96	739,95	924,94	1109,93	
93,72	187,45	374,89	562,34	749,79	937,23	1124,68	
94,96	189,92	379,84	569,76	759,68	949,60	1139,53	
96,21	192,41	384,82	577,24	769,65	962,06	1154,47	
97,46	194,92	389,84	584,76	779,68	974,59	1169,51	
18,72	197,44	394,88	592,33	789,77	987,21	1184,65	
99,99	199,98	399,96	599,94	799,92	999,90	1199,89	
101,27	202,54	405,07	607,61	810,15	1012,68	1215,22	
102,55	205,11	410,22	615,33	820,44	1025,54	1230,65	
103,85	207,70	415,39	623,09	830,79	1038,48	1246,18	
105,15	210,30	420,60	630,90	841,20	1051,20	1261,81	
106,46	212,92	425,84	638,77	851,69	1064,61	1277,53	
107,78	215,56	431,12	646,68	862,24	1077,79	1293,55	
109,11	218,21	436,42	654,64	872,85	1091,06	1309,27	
110,44	220,88	441,76	662,64	883,52	1104,40	1325,29	
111,78	223,57	447,13	670,70	894,26	1117,83	1341,40	
113,13	226,27	452,54	678,80	905,07	1131,34	1357,61	
114,49	228,99	457,97	686,96	915,94	1144,93	1373,92	
115,86	231,72	463,44	695,16	926,88	1158,60	1390,32	
117,23	234,47	468,94	703,41	937,88	1172,35	1406.82	
118,62	237,24	474,47	711,71	948,95	1186,18	1423.42	

ANNEXE N° VI. (*Suite.*)

Diamètre de l'orifice recouvert par la soupape. (en centimètres).	TENSION DE LA VAPEUR DANS LA CHAUDIÈRE.							OBSERVATIONS.
	1 1/2 Amt.	2 Atm.	3 Atm.	4 Atm.	5 Atm.	6 Atm.	7 Atm.	
17,2	120,01	240,02	480,04	720,06	960,08	1200,10	1440,12	
17,3	121,41	242,82	485,64	728,46	971,28	1214,09	1456,91	
17,4	122,82	245,63	491,27	736,90	982,54	1228,17	1473,80	
17,5	124,23	248,47	496,93	745,40	993,86	1242,33	1490,80	
17,6	125,66	251,31	502,63	753,94	1005,25	1256,56	1507,88	
17,7	127,09	254,18	508,35	762,53	1016,71	1270,88	1525,06	
17,8	128,53	257,06	514,11	771,17	1028,23	1285,28	1542,34	
17,9	129,98	259,95	519,91	779,86	1039,82	1299,77	1559,72	
18,0	131,43	262,87	525,73	788,60	1051,46	1314,33	1577,20	
18,1	132,90	265,79	531,59	797,38	1063,18	1328,97	1594,77	
18,2	134,37	268,74	537,48	806,22	1074,96	1343,70	1612,44	
18,3	135,85	271,70	543,40	815,11	1086,81	1358,51	1630,21	
18,4	137,34	274,68	549,36	824,04	1098,72	1373,39	1648,07	
18,5	138,84	277,67	555,35	833,02	1110,69	1388,36	1666,04	
18,6	140,34	280,68	561,37	842,05	1122,73	1403,41	1684,10	
18,7	141,85	283,71	567,42	851,13	1134,84	1418,54	1702,25	
18,8	143,38	286,75	573,50	860,26	1147,01	1433,76	1720,51	
18,9	144,90	289,81	579,62	869,43	1159,24	1449,05	1738,86	
19,0	146,44	292,88	585,77	878,65	1171,54	1464,42	1757,31	
19,1	147,99	295,98	591,95	887,93	1183,90	1479,88	1775,86	
19,2	149,54	299,08	598,17	897,25	1196,34	1495,42	1794,50	
19,3	151,10	302,21	604,41	906,62	1208,83	1511,03	1813,24	
19,4	152,67	305,35	610,69	916,04	1221,39	1526,73	1832,08	
19,5	154,25	308,50	617,01	925,51	1234,01	1542,51	1851,02	
19,6	155,84	311,67	623,35	932,02	1246,70	1558,57	1870,05	
19,7	157,43	314,86	629,73	944,59	1259,46	1574,32	1889,18	
19,8	159,03	318,07	636,14	954,20	1272,27	1590,34	1908,41	
19,9	160,64	321,29	642,58	963,87	1285,16	1606,44	1927,73	
20,0	162,26	324,53	649,05	973,58	1298,11	1622,63	1947,16	

Annexe n° VII.

Modèle du registre à tenir par les ingénieurs chefs de service, pour l'inscription de toutes les observations relatives aux chaudières et aux machines à vapeur établies dans leur ressort.

COMMUNE DE

Désignation de l'établissement.

Destination de l'appareil.

Année du placement.

DATES
- de l'autorisation de l'établissement.
- — l'épreuve.
- — l'autorisation de mise en usage.

NOMS
- des propriétaires.
- — constructeurs de la machine.
- — — des chaudières.

Système de la machine.

CHAUDIÈRES
- Nombre.
- Forme et système.
- Longueur. — Mètres.
- Diamètre ou
  - largeur.
  - hauteur.
- Matière et épaisseur des parois. — Millimètres.
- Tubes
  - Nombre.
  - Longueur.
  - Diamètre.
  - Matière et épaisseur des parois. — Millimètres.
- Capacité de chaque chaudière et de ses tubes bouilleurs. — Mètres cubes.
- Pression maximum sur le centimètre carré. — Kilogrammes.
- Surface de chauffe
  - au foyer.
  - dans les conduits.

SOUPAPES.

- Nombre.
- Forme et matière.
- Surface.
  - Soupapes accessibles. — Centimètres carrés.
  - — inaccessibles. — Centimètres carrés.
- Poids.
  - Soupapes accessibles. — Kilogrammes.
  - — inaccessibles. — Kilogrammes.
- Mode d'application de la charge.
  - Soupapes accessibles.
  - — inaccessibles.
- Leviers.
  - Petits bras. — Centimètres.
  - Grands bras. — Centimètres.
  - Poids sur les soupapes. — Kilogrammes.
- Poids additionnels.
  - A charge directe. — Kilogrammes.
  - A l'extrémité des leviers. — Kilogrammes.
- Charge totale.
  - Soupapes accessibles. — Kilogrammes.
  - — inaccessibles. — Kilogrammes.

Manomètre .
- Diamètre.
- Longueur de la colonne de mercure. — Mètres.

Mode d'alimentation des chaudières.

Indicateurs du niveau de l'eau.

Diamètre d piston à vapeur.

Course.

Coups doubles par minute.

Force en chevaux.

Observations.

Annexe n° VIII.

NOTE SUR LE MANOMÈTRE A AIR LIBRE.

La figure 1 de la planche ci-après représente, à l'échelle d'un vingtième, un manomètre à air libre, à cuvette et à tube en verre, pouvant accuser des pressions qui vont jusqu'à $5\,^1/_2$ atmosphères.

La figure 2 est une section de la cuvette et du tube par un plan vertical passant par l'axe de la cuvette, à l'échelle de $^1/_2$.

La figure 3 est une section, à la même échelle que le manomètre, de la monture par le plan horizontal *X Y* de la figure 2.

La cuvette *a*, *b*, *c*, *d*, figures 2 et 3, est en fer forgé; elle est formée d'un prisme de fer à base carrée de $0^{m}065$ de côté et de $0^{m}17$ de hauteur. On a foré, suivant l'axe du prisme, la cavité cylindrique *m n* de 0,045 de diamètre, et de $0^{m}106$ de profondeur, et au fond de celle-ci, toujours suivant l'axe du prisme, la cavité cylindrique d'un diamètre moindre *m' n'* dans laquelle doit pénétrer l'extrémité du tube en verre *T T'*. Cette cuvette est fermée à sa partie supérieure par une plaque en fer carrée *p p'*, formant bouchon, et fixée aux quatre angles sur les bords de la cuvette, par les vis *v*, fig, 3. La pression de ces vis ferme hermétiquement au moyen d'un peu de mastic au minium, interposé entre les surfaces de contact de la plaque et des bords supérieurs de la cuvette.

L'ouverture cylindrique ménagée suivant l'axe de la plaque *p p'* est taraudée en forme d'écrou et remplie par le bouchon en fer et à vis *q q'*, suivant l'axe duquel on a foré un trou cylindrique d'un diamètre un peu supérieur au diamètre extérieur du tube en verre. Vers le bas, ce trou se rétrécit de manière à ne plus laisser que très-peu de jeu entre lui et le contour extérieur du tube, afin que le mastic avec lequel on scellera le tube en verre dans la cavité cylindrique percée à travers le bouchon *q q'*, soit retenu par les bords rentrants de cette cavité.

Un trou *s* est percé à travers une des parois verticales de la cuvette, immédiatement au-dessous du bouchon rentrant *q q'*; à ce trou est adapté, au moyen d'une bride *r r'* et de deux vis *u u'*, un petit tuyau *x x'* courbé dans un plan horizontal, qui met la cuvette en communication par sa partie supérieure, avec

un tube en fer creux $O\ O'$, de 0^{m}015 de diamètre intérieur, fixé sur le côté du madrier de sapin sur lequel l'instrument est monté.

Le tube en fer creux $O\ O'$ se prolonge de quelques centimètres au-dessous du tuyau courbé $x\ x'$; là il est fermé par un bouchon à vis et en fer ; il a une hauteur verticale de 4^m ; il est fermé également en haut par un bouchon à vis ; immédiatement au-dessous de ce bouchon, il est percé latéralement d'un trou autour duquel est la bride à laquelle vient s'adapter l'extrémité des tuyaux de communication avec l'intérieur de la chaudière, qui ne diffèrent en rien de ceux dont on fait ordinairement usage.

Le tube $T\ T'$ est en cristal ; il doit avoir environ 0^{m}005 de diamètre intérieur, de 0^{m}012 à 0^{m}015 de diamètre extérieur; sa longueur dépend du maximum de la pression que le manomètre doit mesurer.

Cet instrument doit être rempli de mercure et monté sur place. Le madrier de sapin, auquel sont attachés la cuvette en fer et ce tube en fer creux $O\ O'$, est fixé par des crampons contre un mur vertical. Le tube en verre étant enlevé, on verse d'abord dans la cuvette, par le trou percé dans le bouchon à vis $q\ q'$, la quantité de mercure convenable, laquelle dépend du diamètre intérieur du tube en cristal et de sa longueur ; il faut que lorsque le mercure s'élève dans le tube jusqu'au point qu'il ne devra pas dépasser, le niveau du mercure dans la cuvette recouvre d'un demi-centimètre au moins les bords supérieurs de la cavité rétrécie $m'\ n'$; soit $N\ N'$ la surface du niveau du mercure versé ainsi dans la cuvette. Après avoir introduit le mercure, on mettra en place le tube en cristal ; pour cela on l'enfoncera à travers le bouchon $q\ q'$ jusqu'à ce que son extrémité inférieure arrive à 0^{m}004 ou 0^{m}005 du fond de la cavité $m'\ n'$; on fixera le tube au madrier par quelques brides légères, placées de mètre en mètre, par exemple, en ayant soin d'interposer un peu de coton entre le tube et le madrier, et de serrer les brides assez peu pour que le tube puisse glisser entre ces brides, dans le sens de sa longueur. On lutera ensuite le tube au bouchon $q\ q'$ avec du mastic de fontainier, ou simplement de la cire à cacheter grossière, qu'il suffit de chauffer à une température de 60 à 70 degrés pour la ramollir et pour qu'elle coule dans l'intervalle annulaire compris entre le tube et la cavité du bou-

chon. Pendant cette opération, on échauffe le bouchon en le serrant entre les branches d'une pince ou tenaille de maréchal préalablement chauffée au rouge sombre, et on facilite l'introduction du mastic dans la cavité du bouchon en imprimant au tube de petits mouvements dans le sens parallèle à son axe, on aura préalablement dépoli le tube à l'extérieur, dans la partie de sa hauteur qui doit être engagée dans le bouchon.

Le tube en verre étant ainsi scellé, on attend que la cuvette et le mastic soient refroidis; on ôte le bouchon à vis, qui ferme le tube en fer *O* à son extrémité supérieure, et l'on remplit complétement ce tube avec de l'eau, qui, passant par le petit tuyau de communication $x\,x'$, se répand ainsi dans la cuvette au-dessus du mercure, puis on remet en place le bouchon de fermeture du tube *O O'*. La pression de la colonne d'eau fait monter le mercure dans le tube de cristal jusqu'à une hauteur déterminée; le point où arrive la surface du mercure pressé par la colonne d'eau est le point de départ de l'échelle du manomètre, qui est marqué du chiffre 0. A partir de ce point, on divise le madrier sur sa hauteur en parties égales dont chacune représente $^1/_{10}$ d'atmosphère.

L'échelle des pressions aura été tracée chez le fabricant de manomètres; le mercure aura été expédié à part, et il sera bon d'y joindre un tube en cristal de rechange. Le propriétaire de l'appareil à vapeur devra tenir note du poids du mercure; mais comme l'instrument ne pourra pas généralement être expédié à destination rempli de mercure, il devra être de nouveau monté sur place avec les précautions que nous venons d'indiquer; l'on pourra profiter de cette circonstance pour vérifier l'exactitude de l'échelle ou plutôt de son point de départ (*).

Il faut qu'un semblable manomètre soit installé de manière que les divisions de l'échelle auxquelles correspondra habituellement l'extrémité de la colonne de mercure soient à peu près à la hauteur de l'œil du chauffeur ou du mécanicien, et que le haut du tube en fer creux *O O'* où viennent se rattacher les tuyaux de

(*) Le manomètre peut être expédié monté, mais seulement vide de mercure. Quand il est mis en place, à sa destination, on peut verser le mercure par l'orifice supérieur du tube *T T'* sur lequel on applique un petit entonnoir en verre, et remplir ensuite le tube en fer *O O'* d'eau que l'on verse également par l'orifice supérieur du tube.

communication avec la chaudière, soit à un niveau plus élevé que le point d'insertion de ces tuyaux sur la chaudière. Lorsque cette dernière condition, qui est généralement compatible avec la première, sera satisfaite, le manomètre accusera la pression de la vapeur avec un grand degré de précision; car, pendant que la chaudière sera en vapeur, le tube en fer creux *O O'* sera constamment rempli d'eau, dont la pression s'ajoutera à celle de la vapeur sur le mercure, tandis que les tuyaux de communication inclinés vers la chaudière ne contiendront que de la vapeur. La pression de la vapeur sur le mercure étant transmise par une longue colonne d'eau verticale, la cuvette ne pourra jamais s'échauffer, et on n'aura point à craindre que le mastic de fontainier, ou la cire dont on s'est servi pour sceller le tube en cristal dans l'ouverture du bouchon *q q'*, vienne à se ramollir.

On n'aperçoit d'autre cause de dérangement ou d'avarie de ce manomètre que le bris du tube en cristal, qu'il est facile d'ailleurs de protéger, et l'obstruction du bas du tube en fer par les impuretés tenues en suspension dans l'eau ou entraînées par la vapeur. La substitution d'un tube en cristal à celui qui aurait été rompu se fera sans difficulté et n'occasionnera qu'une très-faible dépense. On videra d'abord le tube *O O'* de l'eau qu'il contient, en dévissant le bouchon qui ferme ce tube par le bas, afin que le mercure retombe en totalité dans la cuvette. Puis on enlèvera le bout du tube brisé qui sera engagé dans la cuvette; il suffira pour cela de ramollir le mastic en le chauffant, ce qui se fera facilement, en serrant entre les mâchoires d'une pince ou tenaille chauffée au rouge sombre, le bouchon *q q'*; s'il y a eu du mercure perdu, il faudra ajouter dans la cuvette une quantité à peu près égale à celle qui a été perdue, et enfin on placera le tube de rechange. Le nettoyage du tube en fer creux peut se faire très-simplement. Après avoir intercepté la communication avec la chaudière, on enlèvera les bouchons à vis qui ferment le tube *O* à ses deux extrémités, on videra ce tube et on le remplira de nouveau avec de l'eau pure.

Pour éviter les déperditions de mercure qui pourraient avoir lieu par l'orifice supérieur du tube, lors des oscillations que la colonne éprouve par des augmentations brusques de pression, on peut adapter à ce tube un petit réservoir dans lequel le mercure

serait recueilli. Il pourra aussi être avantageux de fermer à la lampe le tube en verre, à son extrémité inférieure, et de ménager un petit trou latéral, tout près de cette extrémité, pour le passage du mercure de la cuvette dans le tube, que l'on appuyera alors sur le fond de la cuvette. Enfin, il sera peut-être commode de percer la cuvette d'un trou fermé par un bouchon à vis et aboutissant au fond de la cavité *m' n'*, par lequel on pourrait vider tout le mercure quand on voudrait en vérifier le poids, ou le filtrer pour le nettoyer, sans qu'il fût nécessaire de déplacer l'instrument.

Un manomètre à air libre, tel que celui qui est représenté, fig. 2, pouvant accuser jusqu'à 5 atmosphères de pression normale dans la chaudière, n'exigera qu'environ un kilogramme de mercure, dont la valeur actuelle est de 12 francs [1].

(1) Le diamètre du tube en verre est assez petit par rapport à celui de la cuvette, pour qu'il soit permis de négliger, en pratique, les légères erreurs d'indication qui peuvent résulter des variations du niveau du mercure dans cette cuvette.



MACHINES A VAPEUR.

ÉPREUVES DES CHAUDIÈRES.

MODÈLE DE TIMBRE INDIQUANT LA PRESSION MAXIMUM.



TABLE

DES MÉMOIRES, RAPPORTS ET DOCUMENTS

CONTENUS

DANS LE 5e VOLUME DES ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS.

TABLE

ALPHABÉTIQUE ET ANALYTIQUE

DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE 5e VOLUME DES ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS.

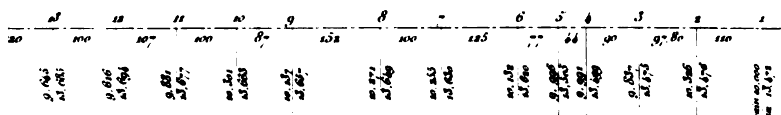
Head

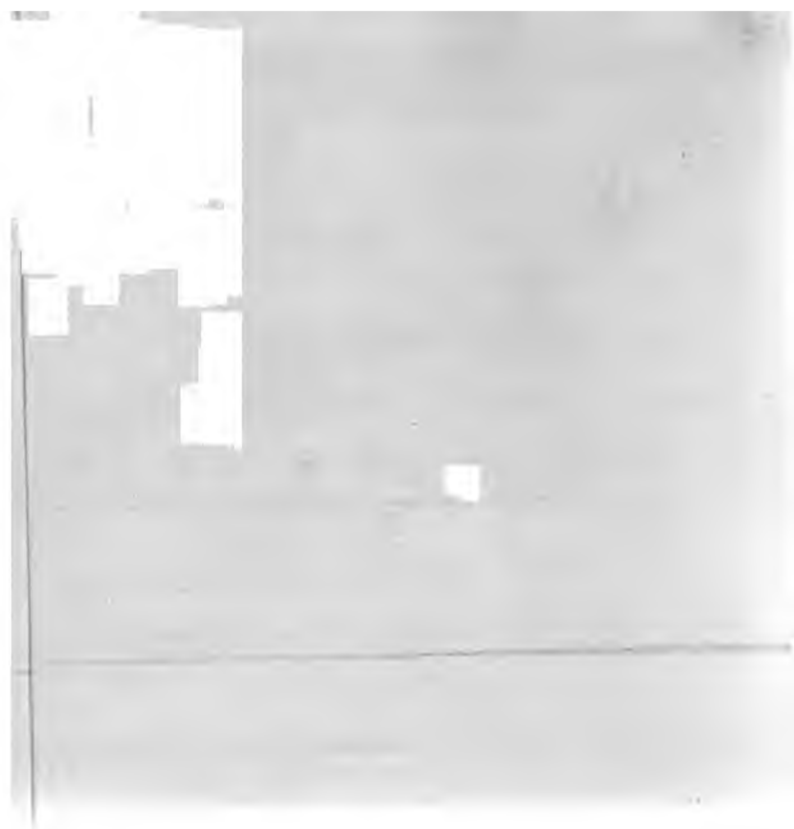


J.B. Plasseau Sculp. Imp. par H. Borremans à ...

Head

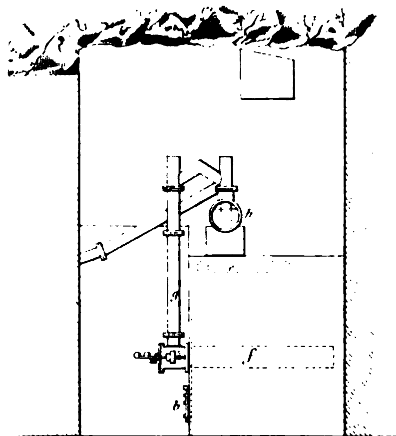
PL. II.





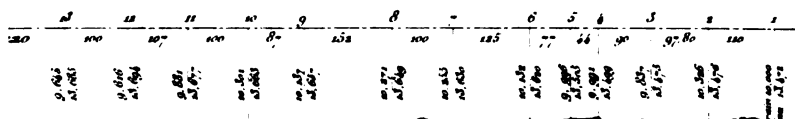
Head

suivant la ligne E. F. G. H.

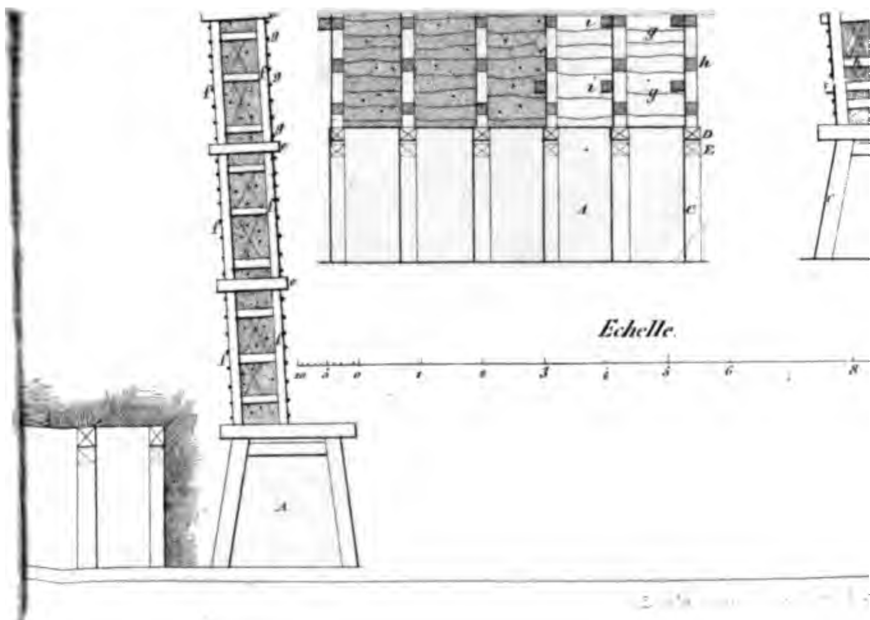


Head

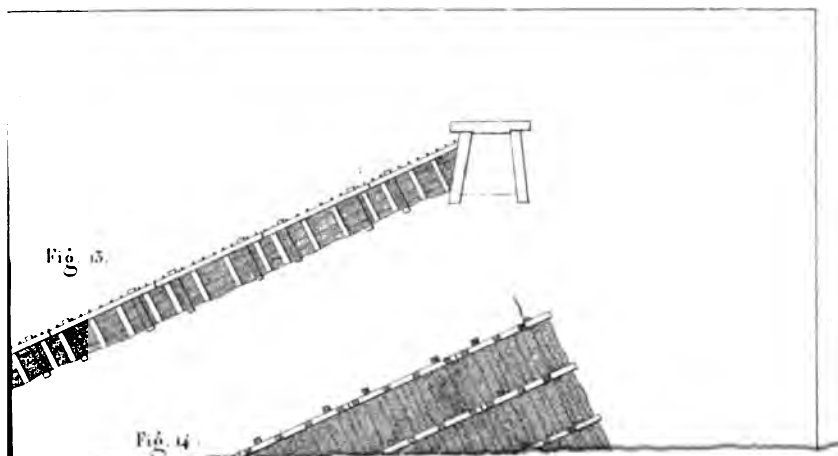
PL. 11.






Echelle.
A
D
E
h
0 1 2 3 4 5 6 8





des trav. p



Annales des trav. p







des trav. pt



Annales des trav. p




N
M
M
O



